

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение электроэнергетики и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Электромобиль с подзарядным устройством от солнечной батареи

УДК 629.331.5.621.311.243

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Лунёва Александра Владимировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Однокопылов Геор- гий Иванович	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Ва- сильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподава- тель	Авдеева Ирина Ива- новна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гарганеев Александр Георгиевич	Д.Т.Н.		

Томск – 2021 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке, для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ПК(У)-1	Способен выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности, с использованием средств автоматизации
ПК(У)-2	Способен применять методы создания и анализа математических моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности.
ПК(У)-3	Способен разрабатывать, реализовывать и осуществлять контроль выполнения технических и организационных мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности.
ПК(У)-4	Способен формулировать технические задания, анализировать различные варианты и искать компромиссные решения.
ПК(У)-5	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий

	- На основе анализа расчётов и полученных динамических характеристик сделать выводы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Общие сведения о солнечных панелях, инверторах, контроллерах, аккумуляторах; Анализ энергетического потенциала возобновляемых источников энергии; Оценка солнечного потенциала; Расчёт нагрузок; Определение необходимой мощности солнечной эл. станции и составление баланса мощности; Выбор оборудования; Математическое моделирование; Имитационное моделирование в Matlab Simulink; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; Социальная ответственность; Заключение.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Структурная схема; 2. Имитационная модель; 3. Результаты исследований.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Криницына Зоя Васильевна
«Социальная ответственность»	Авдеева Ирина Ивановна
«Раздел на английском языке»	Евсеева Арина Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Введение; обзор литературы; составление математической модели солнечной электростанции, заряда и разряда аккумуляторных батарей; заключение.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Однокопылов Георгий Иванович	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Лунёва Александра Владимировна		

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM98	Лунёва Александра Владимировна

Школа	ИШЭ	Отделение школы (НОЦ)	Электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02«Электроэнергетика и Электротехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов	В исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Бюджет проекта – не более 1 725 776,5руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные фонды – 30,2 % от ФОТ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Описание потенциального потребителя, SWOT анализ
2. Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)	Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.
3. Расчет бюджета для научно-технического исследования	Определение материальных затрат НТИ, затрат на специальное оборудование, расчет основной заработной платы и накладных расходов
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка целесообразности и эффективности научного исследования. Анализ и оценка научно-технического уровня исследования. Оценка рисков.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Сегментирование рынка
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. SWOT-анализ
4. Иерархическая структура работ проекта
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	20.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	Кандидат технических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Лунёва Александра Владимировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM98	Лунёва Александра Владимировна

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и Электротехника»

Тема ВКР:

Электромобиль с подзарядным устройством от солнечной батареи	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования – Система питания электродвигателя от возобновляемого источника энергии, предназначенная для снабжения электричеством электродвигатель электромобиля, посредством преобразования энергии солнца в электричество. Основным компонентом фотоэлектростанции являются фотоэлектрические модули.</p> <p>Рабочая зона – электромобиль. Оборудование на конструкции: солнечные панели, батареи аккумуляторов, инверторы, электромотор, лампы освещения, вентиляция кабины.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ТК РФ от 30.12.2001 ФЗ - №197. ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». ГОСТ 12.0.002-2014 ССБТ «Термины и определения». СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». ГОСТ 24389-89. Системы кондиционирования воздуха, вентиляции и отопления судов. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности». ГОСТ 12.1.012 - 2004 «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования». СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96 «2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8 Физические факторы окружающей природной среды». ГОСТ 12.1.038-82. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. ГОСТ 26522–85. Короткие замыкания в электроустановках. ГОСТ 28249–93. Короткие замыкания в электроустановках. ГОСТ IEC 61340–5–1–2019. Защита электронных устройств от электростатических явлений. СП 2.2.3670-20. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение, обращение с отходами. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.</p>

	ГОСТ 12.1.009-2017 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения». ГОСТ 12.0.004-2015 «Организация обучения безопасности труда». ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» ГОСТ Р 56994-2016 «Дезинфектология и дезинфекционная деятельность».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: шум, вибрация, недостаточная освещенность, электромагнитные поля, отклонение показателей микроклимата, зрительное напряжение, нервно-психические перегрузки, укусы животных и насекомых. Опасные факторы: термические опасности, опасность поражения электрическим током, короткое замыкание, статическое электричество, движущиеся механизмы.
3. Экологическая безопасность:	Утилизация значительных объемов отслуживших солнечных модулей, приводит к увеличению риска для здоровья людей в данной местности. А также это пагубно для флоры и фауны. Утечка химических реагентов из утилизируемых модулей дает вероятность заражению местной почвы и поверхностных вод.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Наиболее характерное ЧС для фотоэлектрической станции – пожар, пожаровзрывоопасность. Превентивными мерами по предупреждению пожара являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания оборудования с проведением регулярных инструктажей по ПБ на местах.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Лунёва Александра Владимировна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
 Уровень образования - Магистр
 Отделение электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения весенний семестр 2020 /2021 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2021	Календарное планирование работ по теме	3
12.03.2021	Описание объекта исследования	3
20.03.2021	Подбор и изучение материалов по теме	3
22.03.2021	Составление и утверждение технического задания	3
28.03.2021	Обзор разновидностей ВИЭ	3
11.04.2021	Расчёт электрических нагрузок	3
15.04.2021	Выбор оборудования	3
25.04.2021	Имитационное моделирование	6
02.05.2021	Оценка полученных результатов	3
10.05.2021	Технико-экономические расчёты	3
12.05.2021	Вопросы экологической безопасности	3
15.05.2021	Составление пояснительной записки	4
22.05.2021	Итог	40

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Однокопылов Георгий Иванович	Д.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гарганеев Александр Георгиевич	Д.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Магистерская работа по теме «Электромобиль с подзарядным устройством от солнечной батареи» содержит 135 страниц печатного текста, 42 рисунка, 37 таблиц, 40 источников литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: электромобиль, автономное электроснабжение, солнечная инсоляция, электростанция, солнечный модуль, контроллер, аккумуляторная батарея.

Объект исследования: электромобиль.

Цель исследования - проект солнечной электростанции с накопителями электроэнергии, способной обеспечить бесперебойное питание электродвигателя за счет преобразования солнечной энергии.

В ходе исследования были выполнены: расчет выработки электроэнергии солнечными модулями, расчет и выбор накопительных мощностей, разработка схемы солнечной электростанции, выбор оборудования солнечной электростанции, разработка математической и имитационной модели электропривода электромобиля, способного обеспечивать ограниченную работоспособность в аварийных и неполнофазных режимах работы и увеличение длительности работы электромобиля за счет постоянно включенного подзарядного устройства от солнечной батареи, в том числе в режиме полной разрядки основной батареи, исследование динамики характеристики электропривода от солнечной электростанции.

По результатам исследований построены графики выработки и потребления электрической энергии, выбран тип и емкость аккумуляторных батарей, разработана схема солнечной электростанции и в соответствии со схемой выбрано основное оборудование.

Область применения: бесперебойное электроснабжение потребителя на электромобиле. Результаты, полученные в ходе исследования, могут быть

использованы для развития проектов в области возобновляемой энергетики в этом районе.

Экономическая эффективность / значение исследования: обеспечение экологически чистой электроэнергией, возможность использования электрической энергии на природе.

Исследования проводились с использованием программных сред MATLAB Simulink R2020a, Mathcad15, MathType 6.0 и Microsmooth Office.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

1.1. Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии

Сегодня возобновляемые источники энергии (ВИЭ) привлекают все большее внимание, как простых людей, так и руководств многих государств, международных организаций. На заседаниях Большой восьмерки (двадцатки) в последнее время регулярно обсуждаются нарастающие проблемы энергетики и экологии, решение которых в мировом масштабе в будущем не представляется возможным без широкого использования экологически чистых ВИЭ.

Возобновляемые источники включают широкий спектр источников энергии и технологий их преобразования в полезные для человека виды (электричество, тепло, холод, печные и моторные топлива и т.п.). Большая часть ВИЭ имеют солнечное происхождение (само солнечное излучение, ветер, водные потоки, биомасса). К «не солнечным» относятся геотермальная энергия, морские приливы, сбросное тепло антропогенного происхождения и др.[1].

Весной 2013 г. Россия запустила программу поддержки зеленой энергетики на оптовом рынке. Теперь к 2020 г. в стране может появиться около 1,5 ГВт солнечных станций, 3,6 ГВт ветряков и 900 МВт малых ГЭС: правительство гарантировало девелоперам возврат инвестиций в эти объекты.

К возобновляемым источникам энергии (ВИЭ) относят солнце, ветер, воду (кроме крупных ГЭС), геотермальные источники, биотопливо, т. е. все источники, энергия которых считается неисчерпаемой.

Причин развивать возобновляемую энергетику как минимум две: экологическая безопасность и энергонезависимость. Очевидный плюс ВИЭ в том, что при достижении срока окупаемости вырабатываемая электроэнергия становится почти бесплатной. Минус - в нестабильной выработке, которую пока приходится резервировать традиционной генерацией. Правительствам (а чаще

потребителям) приходится оплачивать работу газовых и угольных станций, для того чтобы те могли быстро загрузить энергоблоки в пасмурные или безветренные дни. Человечество идет по пути разработки накопителей энергии, которые могут решить эту проблему, но в промышленном масштабе эти решения пока не используются.

В 1892 г. на Алтае на реке Березовке заработала первая малая ГЭС в России. Воду к бревенчатому строению подвели по деревянным желобам от искусственного пруда у реки Топтушки, электричество вырабатывали четыре турбины мощностью 45 кВт каждая. С тех пор в России появились и другие малые ГЭС, в Советском Союзе завертелись первые ветряки, но упор страна сделала на развитие крупной генерации, реализовав сначала план ГОЭЛРО, а потом реформу РАО «ЕЭС России».

Вопрос о серьезном развитии зеленой энергетики в России правительство поставило всего пару лет назад, да и то, как говорят участники рынка, не по собственной воле. Развитие рынка было выгодно Виктору Вексельбергу и Анатолию Чубайсу, для того чтобы окупить вложения в завод «Хевел» по производству солнечных модулей в Чувашии, уверены участники рынка. «Ренова» и «Роснано» инвестировали в строительство как минимум 14 млрд руб., писала Счетная палата (представитель «Реновы» это не комментирует, его коллега из «Роснано» не ответил на вопросы «Ведомостей»). Предполагалось, что завод будет введен в 2011 г., а мощность производства составят модули на 120 МВт в год. Но рынок сбыта был слишком мал (строить солнечные станции дорого и имеет смысл только в изолированных отдаленных энергосистемах, куда доставить традиционное топливо еще дороже). Кроме того, инвесторам никто не запрещал покупать солнечные панели за рубежом.

Завод партнеры ввели летом, говорит представитель «Хевела». А меры поддержки для инвесторов в России появились за год до этого. Они гарантированы для 6 ГВт солнечной, ветряной генерации и малых ГЭС, которые инвесторы могут построить в 2014-2020 гг. при условии высокой локализации

оборудования (см. врез). С учетом потенциала развития розничной зеленой энергетики ее доля к 2020 г. может достигнуть 13 ГВт, или 2,5% в объеме производства, решило правительство.

НП «Совет рынка» провело уже два конкурса, разыграв часть объемов на 2014-2018 гг. Стало окончательно ясно, что самые выгодные условия получили инвесторы в солнечную энергетику: из 1520 МВт до 2020 г. отобрано уже 904 МВт, а сгорело (не было востребовано) всего 85 МВт. В 2014 г. случился небывалый ажиотаж: НП «АТС» получило заявки на 785 МВт - в 1,5 раза выше плана, а в ходе конкуренции участники уронили цену некоторых объектов почти на 50%.

Конкурсы привлекли даже иностранных инвесторов, в частности, крупный «заказ» в 175 МВт на солнечные станции получила «дочка» китайской Amur Sirius «Солар системс», которая уже в следующем году планирует начать строить в России завод по выпуску солнечных панелей. Крупнейший объем по итогам двух конкурсов у ГК «Энергия солнца» (435 МВт) (в ГК входят две компании, учредителями которых являются партнеры фонда Bright Capital), а также у «Авелар солар технолоджи» ГК «Ренова» (254 МВт).

1.2. Перспективы применения возобновляемых источников энергии в Российской Федерации

1.2.1. Общие географические и климатические сведения

Ключевую роль в солнечной энергетике играет интенсивность солнечного света. Очевидно, что не во всех регионах созданы равные условия, для развития солнечной энергетики в равном соотношении.

Важнейшим параметром, влияющим на объем получаемой энергии благодаря энергии солнца, является инсоляция. Инсоляция — мера того, сколько солнечной радиации упадет на землю в той или иной области в определенный период времени. Единицей измерения инсоляции являются кВт/м.кв./дни. Чем выше значение инсоляции в выбранном регионе, тем больше электроэнергии

каждая из ваших панелей сможет генерировать. Высокое значение инсоляции означает, что вы можете получить больше энергии из меньших панелей. Низкое значение инсоляции означает, что вы могли бы в конечном итоге тратить больше для достижения той же выходной мощности.

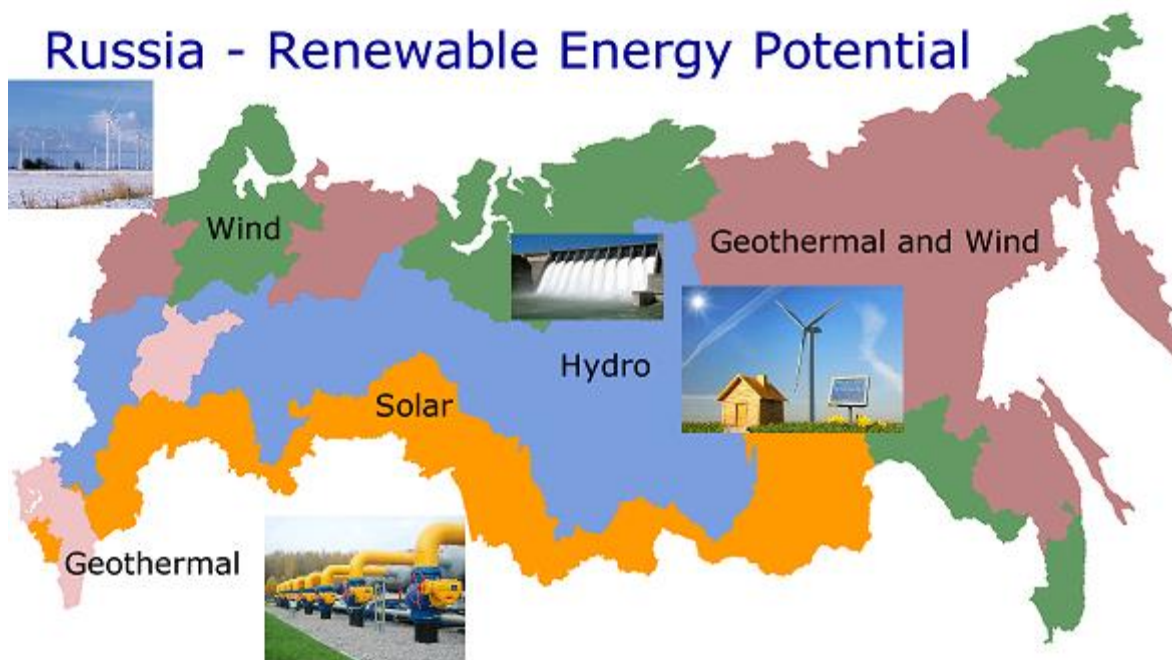


Рисунок 1.1.1.1. – Общий вид потенциала возобновляемых источников энергии в России

Как видно из рисунка 1.1.1.1. солнечная энергетика эффективна на юге страны.

По данным Института Энергетической стратегии, теоретический потенциал солнечной энергетике в России составляет более 2300 млрд. тонн условного топлива, экономический потенциал – 12,5 млн. т.у.т. Потенциал солнечной энергии, поступающей на территорию России в течение трех дней, превышает энергию всего годового производства электроэнергии в нашей стране.

Ввиду расположения России (между 41 и 82 градусами северной широты) уровень солнечной радиации существенно варьируется: от 810 кВт-час/м² в год в отдаленных северных районах до 1400 кВт-час/м² в год в южных районах. На

уровень солнечной радиации оказывают влияние и большие сезонные колебания: на ширине 55 градусов солнечная радиация в январе составляет 1,69 кВт-час/м², а в июле – 11,41 кВт-час/м² в день.

Потенциал солнечной энергии наиболее велик на юго-западе (Северный Кавказ, район Черного и Каспийского морей) и в Южной Сибири, и на Дальнем Востоке.

Наиболее перспективные регионы в плане использования солнечной энергетики (рис.2): Калмыкия, Ставропольский край, Ростовская область, Краснодарский край, Волгоградская область, Астраханская область и другие регионы на юго-западе, Алтай, Приморье, Читинская область, Бурятия и другие регионы на юго-востоке. Причем некоторые районы Западной и Восточной Сибири и Дальнего Востока превосходит уровень солнечной радиации южных регионов. Так, например, в Иркутске (52 градуса северной широты) уровень солнечной радиации достигает 1340 кВт-час/м², тогда как в Республике Якутия-Саха (62 градуса северной широты) данный показатель равен 1290 кВт-час/м².⁵

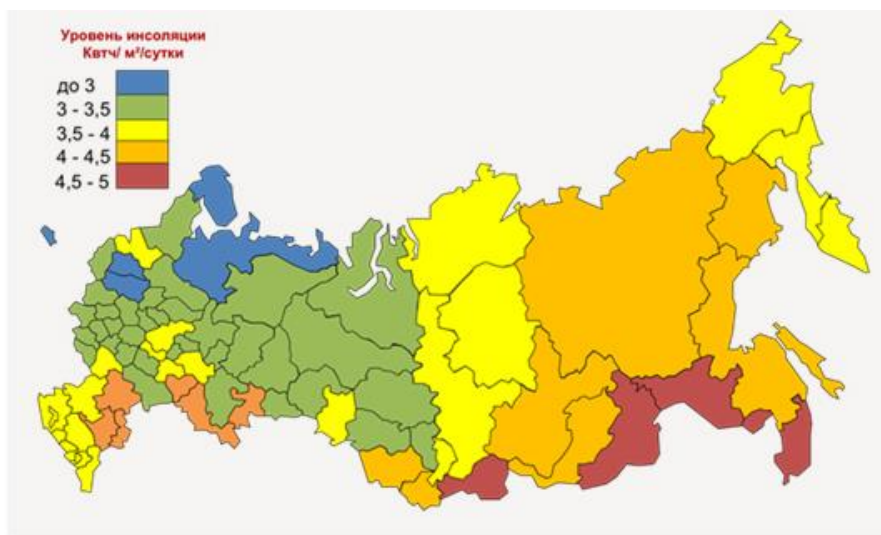


Рисунок .1.1.1.2. – Количество инсоляции Российской Федерации

1.2.2. Анализ вариантов электроснабжения

Повышение надежности и эффективности работы электроэнергетических систем является одной из главных задач современной электроэнергетики. В условиях современной реальности предъявляются высокие требования к знаниям и навыкам специалистов данного профиля. Предприятия, в том числе и производители электроэнергии, остро нуждаются в высококвалифицированных профессионалах, имеющих глубокие теоретические знания и практические навыки в сфере энергетики.

Требования, предъявляемые к системам электроснабжения

Простота и масштабируемость. Система электроснабжения промышленных предприятий не должна быть многоступенчатой, питающие сети не должны быть длинными, а способ прокладки сети должен быть максимально простым. Кроме того, система обязана обеспечивать возможность внедрения нового оборудования, то есть быть масштабируемой.

Отсутствие перегрузок. При проектировании цехов промышленных предприятий значение имеет как размещение оборудования в цехах, так и расположение трансформаторных подстанций. По возможности каждый участок должен быть снабжен отдельным распределительным устройством, которое устанавливается рядом с центром нагрузки. Другие потребители и участки не должны иметь возможности подключения к данному устройству во избежание перегрузки.

Обеспечение бесперебойного производственного процесса. На производствах с параллельными технологическими потоками сеть должна быть построена так, чтобы при необходимости отключения одного элемента сети (в случае аварии, с целью ремонта) отключались только те механизмы, которые относятся к данному потоку. Другие технологические потоки при этом должны оставаться в рабочем состоянии.

Безопасность. Все используемое электрооборудование должно обладать степенью защиты, соответствующей условиям работы конкретного цеха.

Варианты построение системы электроснабжения солнечной электростанции

Солнечные фотоэлектрические станции – это один из видов электрогенераций путем непосредственного преобразование энергии солнечного излучения в электроэнергию.

Для надежного обеспечения потребителя электричеством с использованием солнечной энергии в состав ФЭС кроме фотоэлектрических панелей входит ряд дополнительных элементов. Состав которых входит ряд дополнительных элементов, состав которых во многом зависит от типа и назначения солнечной электростанции. Различают два основных типа солнечных фотоэлектрических систем:

- автономные системы;
- системы, работающие параллельно с сетью.

Автономная ФЭС, представленная на рис. 1.1.2.1, содержит кроме солнечных панелей, как правило, аккумуляторные батареи (АБ) и контроллер заряда-разряда. При необходимости электроснабжения потребителей, требующих стандартного напряжения 220/380В переменного тока, в состав ФЭС необходимо включить инвертор [1]

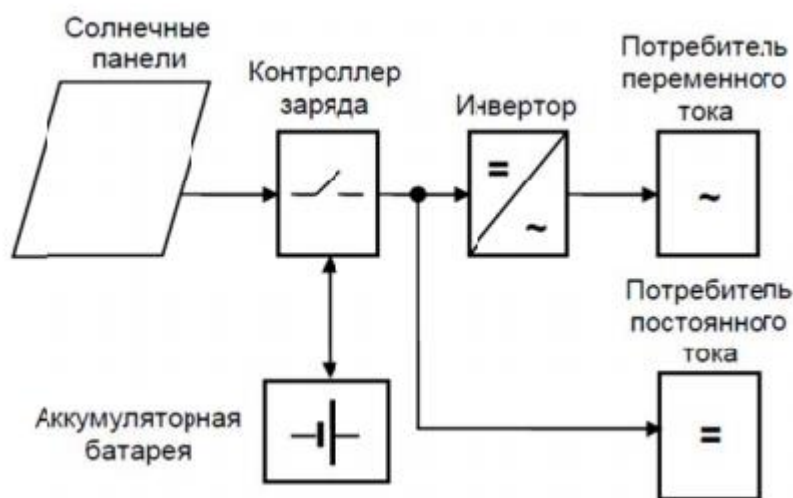


Рисунок 1.1.2.1– Автономная фотоэлектрическая система

Параметры элементов ФЭС (тип и количество ФП, емкость АБ, мощность инвертора), а соответственно и ее стоимость, зависят от многих факторов: состава электрической нагрузки и среднесуточного электропотребления, характера работы ФЭС (сезонный или круглогодичный), среднемесячного прихода солнечной радиации и числа последовательных дней без солнца в месте установки фотоэлектрических модулей, системы ориентации солнечных панелей на Солнце и некоторых других факторов.

Так как ФП способны вырабатывать электроэнергию только в светлое время суток, величина их установленной мощности должна выбираться с расчетом на то, что запасенной за день энергии хватит на гарантированное обеспечение потребителей в течение суток. Это приводит к необходимости значительно увеличивать установленную мощность ФП и емкость аккумуляторов.

Очевидным недостатком автономных ФЭС является потеря излишков энергии в режимах малых нагрузок. В большинстве стандартных автономных фотоэлектрических систем солнечная батарея просто отключается, когда аккумуляторы полностью заряжены. Можно использовать избытки энергии на балластных сопротивлениях для подогрева воды или воздуха, что позволяет несколько повысить эффективность полезного использования генерируемой энергии, однако проблема полностью не решается.

Серьезным недостатком автономных ФЭС является необходимость использования аккумуляторных батарей, работающих в циклическом режиме. Число рабочих циклов распространенных кислотных-свинцовых аккумуляторов невелико (1500-2000), что требует их частой замены.

Применение промышленных аккумуляторов с большим сроком службы, например никель-кадмиевых или литий-ионных, требует значительного увеличения финансовых вложений на построение энергетической системы.

Кроме того, необходимо учитывать, что в аккумуляторах также имеют место потери энергии. В лучшем случае, эффективность процессов заряда-разряда аккумуляторов составляет 90%, и она ухудшается по мере их старения.

Использование ФЭС при наличии сети позволяет избежать многих, если не всех, недостатков автономных систем. По сути, сеть является большим аккумулятором со 100% КПД, который может принять все излишки энергии.

В состав сетевой ФЭС, кроме солнечных батарей, также обычно входят:

- сетевые инверторы, преобразующие постоянный ток, генерируемый солнечными панелями, в переменный;
- контроллеры максимального отбора мощности с солнечных батарей;
 - система мониторинга, позволяющая отслеживать параметры рабочего режима солнечной электростанции;
- централизованная сеть - линия электропередач, к которой подсоединена электростанция;
- собственные потребители электроэнергии (промышленные или бытовые электроприборы).

В свою очередь, сетевые ФЭС по способу построения подразделяются на два основных типа:

- без аккумуляторных батарей;
- с аккумуляторными батареями.

На практике наибольшее распространение получили фотоэлектрические системы без аккумуляторных батарей. Безаккумуляторные ФЭС очень надежны и практически не требуют обслуживания. Кроме того, они обладают максимальной эффективностью использования энергии от солнечных батарей - от 90 до 98%. В таких системах применяются специальные инверторы, ведомые сетью, которые используют сеть для формирования опорного напряжения для их запуска и синхронизации.

Недостатком подобных систем является прекращение питания потребителей при отключении центральной сети. Так как сетевые инверторы

вырабатывают напряжение, идентичное сетевому, то при его потере инвертор перестает работать. Прекращение генерации сетевых инверторов при пропадании напряжения в сети связано также с обеспечением безопасности при проведении ремонтных работах (необходимо обеспечить отсутствие напряжения на линии, если подача напряжения отключена электриком на подстанции).

Для локальных систем электроснабжения на основе дизельных электростанций дополнительными ограничениями на использование сетевых ФЭС является невозможность отключения ДЭС и требование обеспечения потребителей электрической мощностью ДЭС не менее 40% от мощности гибридной солнечно-дизельной электростанции.

При ненадежной электрической сети применяют ФЭС с аккумуляторными батареями, которые являются гораздо более сложными, но позволяют создавать системы бесперебойного электроснабжения потребителей.

Мощность инвертора в таких системах определяется по суммарной мощности нагрузки, которую нужно питать во время аварий в сети, а длительность аварий определяет емкость АБ и установленную мощность солнечной батареи.

Для обеспечения максимально эффективной работы аккумуляторная фотоэлектрическая система, соединенная с сетью, требует использования специализированного автономного (батарейного) инвертора. Возможны 3 варианта построения таких систем [4]:

Солнечные батареи заряжают АБ через контроллер заряда, а затем энергия через инвертор передается в нагрузку или сеть.

Солнечные батареи работают на сетевой фотоэлектрический инвертор, от которого питается нагрузка, излишки энергии идут на заряд аккумуляторов, и если АБ заряжены, то направляются в сеть.

Структурная схема сетевой фотоэлектрической системы с контроллером заряда приведена на рис. 1.1.2. 2..

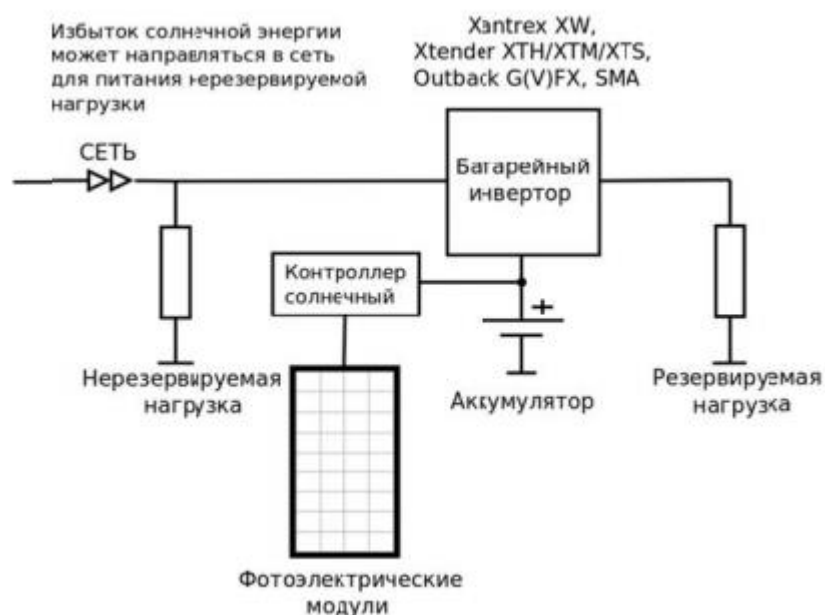


Рисунок 1.1.2.2. – Сетевая фотоэлектрическая система электроснабжения с контроллером заряда постоянного тока

Данный вариант построения системы является наиболее простым и распространенным. В данной системе заряд аккумуляторов от солнечных батарей производится через контроллер заряда постоянного тока [1].

При использовании стандартного источника бесперебойного питания (ИБП), при наличии сети заряд аккумуляторов происходит от сети, и солнечные батареи практически не используются. Для максимального использования энергии, вырабатываемой солнечными батареями, применяют контроллер MPPT и специальный инвертор с функцией передачи электроэнергии в нагрузку или сеть при напряжении на АБ выше заданного. В этом случае, даже если АБ полностью заряжены, энергия от ФП направляется в нагрузку, тем самым уменьшая потребление от сети. Если нагрузка потребляет меньше энергии, чем вырабатывают солнечные батареи, такой инвертор может или направлять излишки в сеть, или уменьшать выработку солнечных батарей за счет повышения напряжения на аккумуляторах [12].

Достоинствами таких систем является возможность использования энергии солнца, как при наличии сети, так и во время отключений; возможность восстановления работы при длительных перерывах в электроснабжении и глубоком разряде аккумуляторов путем заряда АБ от ФП.

К недостаткам следует отнести двойное преобразование солнечного электричества, что приводит к дополнительным потерям в контроллере, инверторе, частично в аккумуляторах; циклический режим работы аккумуляторов при перерывах в централизованном электроснабжении, что приводит к их быстрому износу.

Для построения ФЭС данного типа могут быть использованы следующие модели инверторов: Xtender XTH/XTM, SMA Sunny Island, Xantrex XW, RichElectric CombiPlus, Outback GFX/GVFX и др.

При авариях в сети инвертор начинает преобразовывать энергию от аккумуляторов. Если солнечные батареи подключены через контроллер заряда к аккумуляторам, то инвертор использует солнечное электричество, и, если его не хватает, то и энергию из аккумуляторов. Если солнечной энергии больше, чем нужно для потребителей, она идет на заряд аккумуляторов.

Фотоэлектрическая система электроснабжения с сетевым инвертором на входе ИБП представлена на рис. 1.1.2. 3..



Рисунок 1.1.2.3. –Сетевая фотоэлектрическая система электроснабжения с сетевыми инвертор на выходе ИБП

Достоинствами данной схемы построения ФЭС является возможность применения сетевого и автономного инверторов с минимальным набором опций, широко представленных на рынке многочисленными производителями. Аккумуляторы все время находятся в заряженном состоянии, эксплуатируются в буферном режиме и используются только при отключениях сетевого электричества.

ФЭС такого типа целесообразно использовать в системах электроснабжения, в которых основное потребление солнечного электричества имеет место днем, а отключения централизованного электроснабжения

Применение инверторов в системе с возобновляемым источником энергии.

Современная жизнь такова, что в салоне автомобиля человек зачастую проводит времени больше, чем в собственной квартире. Но даже в автомобиле, приспособленном для длительных поездок, бывает некомфортно путешествовать хотя бы вследствие отсутствия элементарных бытовых приборов. Их невозможно взять с собой в дорогу из-за того, что нет электросети. Правда, часть устройств все же имеет возможность питания или подзарядки своей аккумуляторной батареи от автомобильного прикуривателя. Однако далеко не все устройства могут питаться непосредственно от автомобильной сети.

В этом случае настоящей палочкой-выручалочкой для автомобилиста станет особый прибор – инвертор или преобразователь напряжения. Инверторы, служащие для преобразования постоянного тока в переменный, сегодня применяются в самых разных областях жизнедеятельности. Но, конечно, наибольшей популярностью инверторы пользуются у владельцев грузовых и легковых автомобилей.

Принцип работы и виды автомобильных инверторов

Преобразователь напряжения или инвертор – это устройство, предназначенное для преобразования входного постоянного напряжения 12В в переменное напряжение 220В с частотой 50 Герц на выходе. То есть автомобильный инвертор вырабатывает переменный ток, благодаря чему к нему можно подключать самые разнообразные электроприборы, инструменты, портативные устройства и компьютеры, работающие от бытовой сети переменного тока.

Инверторы обладают возможностью повышать напряжение и регулировать его с определенной точностью. На самом деле инвертор может выдавать практически любую частоту на выходе. Но естественно, что наибольший интерес представляет именно частота 50 Гц, на которой работают современные бытовые приборы российского и европейского рынка. Нужно, правда, отметить, что частота 50 Гц, которая выдается инвертором, отличается меньшей стабильностью по сравнению с обычной городской электросетью.

Функционирование автомобильного инвертора (рис. 1.1.2.4.) базируется на полупроводниках. При этом сам корпус устройства обычно изготавливается из алюминиевого сплава повышенной теплопроводности, чтобы обеспечивать отвод тепла посредством конвекции. Кроме того, в конструкции более мощных приборов (от 300 Вт), как правило, присутствует еще и вентилятор для принудительного охлаждения инвертора.



Рисунок 1.1.2.4. –Пример автомобильного инвертора

Поскольку инвертор является импульсным преобразователем напряжения, то он имеет все необходимые защитные системы: защиту от коротких замыканий и перегрузок на выходе, защиту от перегрева, защиту от превышения и понижения входного напряжения. Подключается автомобильный инвертор довольно просто - через розетку прикуривателя или непосредственно к аккумулятору.

В автомобильных инверторах может быть предусмотрено три режима работы:

- Первый, основной, предполагает длительную работу инвертора на номинальной мощности.
- Второй режим обеспечивает так называемый режим перегрузки, когда устройство в течение определенного времени может давать мощность в полтора раза большую, чем номинальная мощность.
- Третий режим: некоторых моделях автомобильных инверторов также присутствует пусковой режим, который дает повышенную моментальную мощность для емкостных нагрузок или запуска электродвигателя.

Сегодня на рынке представлены различные виды автомобильных инверторов. В первую очередь, все инверторы делятся по форме генерируемого ими напряжения. В большинстве случаев автомобильный инвертор просто не может дать чистую синусоиду напряжения. На выходе получается прямоугольная,

трапецевидная или ступенчатая форма напряжения переменного тока. Но отсутствие чистой синусоиды напряжения никак не сказывается на работе значительной части бытовых электроприборов. Поэтому такие инверторы, называемые несинусоидальными, вполне подойдут для питания обычных бытовых приборов.

Однако есть электроприборы, которым просто необходимо идеальное качество напряжения. В этом случае используются специальные синусоидальные инверторы, которые отличаются большей сложностью в производстве и, как результат, более высокой стоимостью. Синусоидальный инвертор нужен, в частности, для питания электроинструментов, мобильных телефонов и ноутбуков.

Помимо этого, все инверторы, конечно, отличаются друг от друга мощностью, количеством подключаемых приборов, наличием встроенного переключателя и всевозможными дополнительными функциями.

Общие рекомендации по выбору автомобильного инвертора

Основная задача при выборе автомобильного инвертора – это подбор устройства необходимой мощности. Ведь если купить инвертор с мощностью равной или ниже мощности того устройства, которое Вы планируете питать, то автомобильный инвертор просто сгорит. В настоящее время выпускаются автомобильные инверторы различной мощности - от 50 Вт и выше. Маломощные устройства хороши тем, что отличаются невысокой стоимостью и легко подключаются через разъем прикуривателя. Но такие инверторы подойдут только для подключения небольших бытовых приборов.

С помощью же более мощных инверторов можно питать самые разнообразные устройства – от стационарного компьютера до холодильника и СВЧ-печи. Главное правило здесь такое - всегда нужно приобретать автомобильный инвертор с мощностью, превышающей мощность того устройства, которое Вы собираетесь питать.

Если же подключать к инвертору разные устройства, то при выборе инвертора необходимо выбирать, опираясь на технические характеристики самого мощного устройства из подключаемых.

В том случае, если подключать к автомобильному инвертору сразу несколько устройств одновременно, следует сложить их мощность и, соответственно, выбрать модель инвертора, подходящей по мощности. В любом случае подключаемые к инвертору мощности не должны быть равными или превышать мощность самого инвертора.

При выборе инвертора с подходящей мощностью нужно еще и учитывать специфику работы тех устройств, которые Вы собираетесь к нему подключать. К примеру, различные электроинструменты и строительная техника, а также электродрели и рубанки, характеризуются большими пусковыми токами в момент включения. Если на холостом ходу они потребляют значительно меньшую мощность, то в момент включения, либо прикладывания нагрузки потребление мощности резко возрастает и превышает те значения номинальной мощности, которые указываются производителем в документации. Соответственно, для питания таких приборов придется планировать определенный запас по мощности инвертора. Только в этом случае можно обеспечить стабильность работы автомобильного инвертора и его долгий срок службы.

Автомобильный инвертор может быть с током чистого синуса и "квази-синуса". На квази-синусе не будут работать или могут выйти из строя следующие приборы: автоматика газовых котлов, бесперебойно работающие циркуляционные насосы (перегрев и гудение). Есть мнение, что импульсные блоки питания (например, для ноутбуков и ЖК-экранов) выходят из строя. Квази-синус не рекомендован при питании особо ценных бытовых приборов (плазма и аудио аппаратура, видеопроекторная техника).

Преимуществом моделей с чистой синусоидой тока 220 вольт можно назвать: Форма волн переменного тока в 220 вольт на выходе имеют очень малые

единицы гармонических искажений, и не отличаются от стандартного напряжения в бытовой сети 220 вольт. Индуктивные двигатели в микроволновых печах, и в других домашних приборах, которые содержат электродвигатели, работают, нагреваясь меньше. Небольшой шум в лампах дневного света, усилителях, факсов, игровых приставок и т.д.

Инверторы с модифицированной синусоидой работают практически со всеми бытовыми электроприборами. Если необходимо обеспечить бесперебойное питания для освещения в доме, работы телевизора, холодильного оборудования, то инвертор с модифицированной синусоидой является самым экономичным решением. ИБП с чистым синусом предназначены для работы с наиболее чувствительной и дорогой аппаратурой.

1.2.3. Обзор Оборудования для преобразование солнечного света в электрическую энергию

1.2.4. Обзор оборудования солнечных модулей

Наиболее распространенный и популярный вид солнечных батарей **солнечные батареи из монокристаллического кремния.**

Такие элементы имеют более высокую эффективность по сравнению с элементами, вырабатываемыми другими способами, КПД достигает 22-23%, благодаря особой ориентации атомов монокристалла, которая способствует росту подвижности электронов. Кремний пронизывает сетка из металлических электродов. Традиционно монокристаллические модули вставлены в алюминиевую рамку и закрыты противоударным стеклом. Цвет монокристаллических фото-элементов — темно-синий или черный.

Солнечные батареи надежны, долговечны (срок службы до 50 лет) и просты в установке, так как не содержат движущихся частей. Солнечные батареи можно использовать, где плохо работает обычное энергоснабжение и большое количество солнечных дней. Примеры применения солнечных батарей: на крышах домов для получения электричества, на уличных и садовых фонарях для

освещения, подзарядка аккумуляторов, обеспечение электричеством оборудования на судах, раций, насосов, сигнализации и т.д.

Солнечные батареи из мультикристаллического кремния

Изготовление мультикристаллического кремния намного легче, чем монокристаллического. Мультикристаллический кремний как материал состоит из случайно собранных разных монокристаллических решеток кремния (срок службы 25 лет, КПД до 17%). Именно поэтому, мультикристаллические панели обычно предлагают дешевле.

Солнечные батареи из поликристаллического кремния

Альтернативой монокристаллического кремния является поликристаллический кремний. У него более низкая себестоимость. Кристаллы в нем ещё агрегатные, но имеют различную форму и ориентацию. Этот материал, по сравнению с темными монокристаллами, отличается ярко синим цветом. Совершенствование процесса производства элементов данного типа позволяет сегодня получать компоненты, характеристики которых лишь немного уступают по электрическим показателям монокристаллу.

С помощью системы солнечных батарей можно:

- освещать и снабжать электричеством жилые дома и дачи, школы, больницы, офисы, хозяйства, тепличные комплексы и др;
- освещать парки, сады, дворы, шоссе и улицы;
- обеспечивать электропитанием телекоммуникационное, медицинское оборудование;
- снабжать энергией нефте- и газопроводы;
- обеспечивать энергоснабжение подачи и опреснения воды;
- производить зарядку мобильных телефонов и ноутбуков.

Тонкоплёночные батареи

Тонкопленочные технологии позволяют делать более дешевую по себестоимости производства панель. Это обстоятельство делает пленочные панели более привлекательными для строительства крупных «ферм» по выработке электричества из солнечного света, когда «солнечный фермер» ограничен не столько площадью земли, сколько стоимостью установки батареи. Возможна установка не только на крышу, но также на боковые поверхности здания.

Тонкопленочные панели не требуют прямых солнечных лучей, работают при рассеянном излучении, благодаря чему суммарная вырабатываемая за год мощность больше на 10-15%, чем вырабатывают традиционные кристаллические солнечные панели. Тонкая пленка является намного более рентабельным способом производства энергии и может переиграть монокристаллы в областях с туманным, пасмурным климатом или в тех отраслях промышленности, которым свойственна запыленность воздуха или высокое содержание в нем иных макрочастиц.

Тонкоплёночные панели в 95 % случаев используются для «он-грид» систем, генерирующих электроэнергию непосредственно в сеть. Для этих панелей необходимо использовать высоковольтные контроллеры и инверторы, не стыкующиеся с маломощными бытовыми системами.

Хотя себестоимость тонкопленочных панелей невысокая, они занимают значительно большую площадь (в 2,5 раза), чем моно- и поли-кристаллические панели. Из-за меньшего КПД. Тонкопленочные панели эффективно использовать в системах мощностью 10 кВт и более. Для построения небольших автономных или резервных систем электроснабжения используются монокристаллические и поликристаллические панели.

Солнечные батареи из аморфного кремния

Солнечные батареи из аморфного кремния обладают одним из самых низки КПД. Обычно его значения в пределах 6-8%. Однако среди всех

кремниевых технологий фотоэлектрических преобразователей они вырабатывают самую дешевую электроэнергию.

Солнечные батареи на основе теллурида кадмия

Солнечные панели из теллурида кадмия (CdTe) создаются на основе пленочной технологии. Полупроводниковый слой наносят тонким слоем в несколько сотен микрометров. Эффективность элементов из теллурида кадмия невелика, КПД около 11%. Однако, в сравнении с кремниевыми панелями, ватт мощности этих батарей обходится на несколько десятков процентов дешевле.

Солнечные батареи на основе CIGS

Солнечные панели на основе CIGS. CIGS — это полупроводник, состоящий из меди, индия, галлия и селена. Этот тип солнечных батарей тоже выполнен по пленочной технологии, но в сравнении с панелями из теллурида кадмия обладает более высокой эффективностью, его КПД доходит до 15%.

Характеристики солнечных модулей

В качестве основных технических параметров солнечных модулей производитель указывает:

- Габариты (мм*мм)
- Вес (кг)
- Мощность (Вт)
- Напряжение рабочее (В)
- Напряжение в точке максимальной мощности (В)
- Напряжение холостого хода (В)
- Рабочий ток (А)
- Ток короткого замыкания (А)

Все значения параметров приводятся для стандартных условий измерения: величина освещенности - 1000 Вт/м², температура - 25 °С.

Ниже приведены характеристики стандартных солнечных модулей некоторых производителей. Приведенные данные позволяют сопоставить стоимость модулей различных поставщиков.

Таблица 1.2.1.1 - Параметры солнечных модулей компании «Hevel» [12].

Модель	Мощность, Вт	КПД	U _{хх} , В	U _м , В	I _м , А	Размеры, мм	Вес, кг	Цена, руб.
HVL-105	105	7,34	70	51	2,06	1300x1100x29	24	3885
HVL-120	120	8,39	73	54,5	2,2	1300x1100x29	24	4440
HVL-250	250	14,93	41,6	32,15	7,67	1671x1002x42	19	10190
HVL-270	270	16,12	42,24	33,04	8,21	1671x1002x42	19	10990
HVL-300	300	17,98	43,58	34,95	8,59	1671x1002x42	19	12190
HVL-330	330	19,7	44,18	36,84	8,97	1671x1002x42	19	15190
HVL-395	395	19,75	53,18	44,84	8,76	1996x1002x30	32	18490

Таблица 1.2.1.1 - Параметры солнечных модулей компании «Энергосоюз» [13].

Модель	Мощность, Вт	КПД	U _{хх} , В	U _м , В	I _м , А	Размеры, мм	Вес, кг	Цена, руб.
ФСМ-30М	30	14,3	22,6	17,6	1,71	156x31	2,7	2830
ФСМ-100FS	100	17,6	21,7	17,7	5,7	1060x540x3	2	10560
ФСМ-150FS	150	17,6	30,6	25,52	5,97	1460x540x2,5	2,4	12980
ФСМ-200FS	200	17,6	47,3	36,3	5,56	1435x796x42	4	17300
ФСМ-250М	250	15,7	31,1	25,2	8,81	1640x992x45	15	9800
ФСМ-300М	270	16,6	38,3	31,4	8,6	1640x992x45	18,3	10550
ФСМ-400М	400	19	48,18	42,64	9,38	1956x992x40	20,8	15490

где:

U_{хх} - напряжение холостого хода;

U_м - напряжение при максимальной мощности;

I_m - ток при напряжении максимальной мощности.

Из приведенной выше продукции наиболее дешевыми (в сравнении цены за ватт номинальной мощности) являются батареи компании «Энергосоюз». КПД монокристаллических солнечных батарей данной компании доходит до 22 %. Группа компаний «Хевел» — единственный в России производитель, выпускающий как ячейки и модули солнечных батарей, так и промышленные солнечные электростанции. Они эффективно работают в пасмурную погоду, а также при температурах от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Средний КПД модулей Хевел составляет 23,5% — то есть почти четверть попадающего на ячейку солнечного света превращается в электроэнергию. Это очень высокий показатель: в мире пока не больше пяти компаний, способных производить такие модули. Производители гарантируют сохранение заявленной мощности более чем на 90% от номинальной мощности в течении 10 (компания Энергосоюз) и 15 лет (компания Хевел), сохранение заявленной мощности более чем 80% от номинальной мощности в течении 25 (Энергосоюз) и 30 лет (Хевел). Таким образом по совокупности характеристик батареи компании Хевел являются более качественными, а модули компании Энергосоюз более дешевы [12].

1.2.3. Обзор дополнительных аккумуляторов, используемых для подзарядки основного аккумулятора

Распределение солнечной энергии при ясном небе по территории Томской области имеет выраженную широтность. Региональные особенности формирования облачности, прозрачности атмосферы, отражательной способности подстилающей поверхности нарушают широтную зональность; особенно ярко это выражено в летний период. Годовой приход суммарной радиации при реальных условиях облачности изменяется от 3850 МДж/м^2 на севере области до 4193 МДж/м^2 на юге (рис. 1.2.2.1.).



Рисунок 1.2.2.1. – Суммарная радиация (год/МДж/м²)

Максимум приходится на июль и составляет от 618 МДж/м² до 690 МДж/м². Наименьшая суммарная радиация в декабре на севере области составляет всего 25 МДж/м². Как и для прямой радиации, для суммарной радиации характерно резкое возрастание значений от января к февралю (увеличение в 3 раза) и от февраля к марту (увеличение в 2,5 раза), а также резкое уменьшение их от августа до ноября (уменьшение в 2 раза каждый месяц).

Важным показателем режима излучения является продолжительность солнечного сияния (рис. 1.2.2.2.).

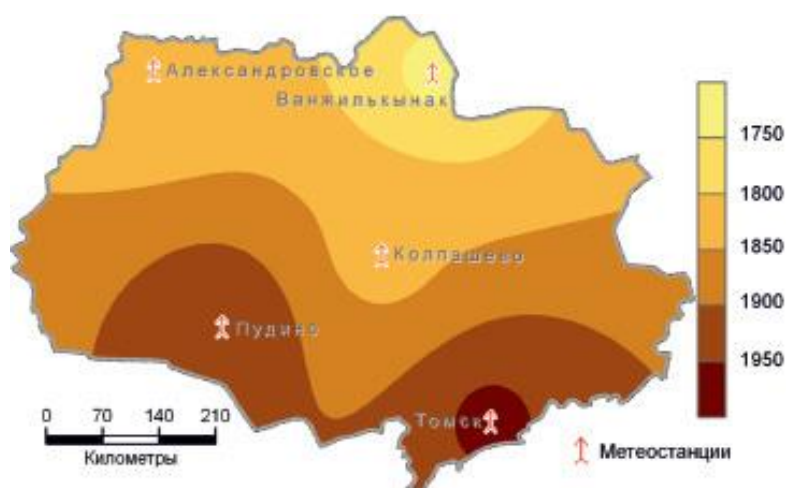


Рисунок 1.2.2.2. – Продолжительность солнечного сияния (часов/год)

Увеличение продолжительности солнечного сияния в пределах Томской области происходит с северо-востока на юго-запад и характерно для всех месяцев года. Если на северо-востоке продолжительность солнечного сияния за год

составляет 1743 часа, то на юго-западе – 1958 часов. Такой относительно небольшой разброс значений между севером и югом области в годовом выражении объясняется как существенным увеличением продолжительности светового дня на севере, так и особенностью формирования облачности в зимний и летний периоды. Средняя продолжительность солнечного сияния увеличивается от зимы к лету и в июле она наибольшая. Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от января к марту, что связано с увеличением продолжительности дня и с уменьшением повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности [2].

Большое значение для практических задач имеет оценка непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов в сутки. Наибольшая повторяемость такой продолжительности солнечного сияния отмечается с марта по июнь (56–51 % от общего числа случаев). В декабре и январе в Томской области повторяемость непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов составляет 1–8 %.

Используя все указанные характеристики, были получены прикладные индикаторы ресурсов солнечной энергии. Так, определена возможная продолжительность работы гелиоустановки в месяц при определенных значениях суммарной радиации.

Выбор аккумуляторной батареи в основном зависит от солнечной инсоляций, нет необходимости ставить батарею большой емкости при малой мощности солнечного модуля, поэтому провели расчет солнечной инсоляций в определенной местности и при определенной емкости аккумулятора. Сравнительная таблица с характеристиками приведена ниже:

Таблица 1.2.2.1 – Заряд необходимый для заряда аккумулятора емкости 82 А/ч

Месяц	Коэффициент инсоляции	Мощность солнечной панели (КВт)	Необходимый заряд аккумулятора (КВт)
Январь	0,61	0,1281	0,6888
Февраль	1,59	0,3339	0,6888

Март	2,94	0,6174	0,6888
Апрель	4,29	0,6435	0,6888
Май	5,48	0,822	0,6888
Июнь	5,79	0,8685	0,6888
Июль	5,8	0,87	0,6888
Август	4,55	0,6825	0,6888
Сентябрь	2,83	0,4245	0,6888
Октябрь	1,58	0,237	0,6888
Ноябрь	0,83	0,1743	0,6888
Декабрь	0,46	0,0966	0,6888

В период упада солнечной инсоляций одна аккумуляторная батарея выводится из системы, переходит в работу с аккумуляторной батареи 44А/ч.

Таблица 1.2.2.2 – Заряд необходимый для аккумуляторной батареи 44А/ч

Месяц	Коэффициент инсоляции	Мощность солнечной панели	Необходимый заряд аккумулятора
Январь	0,61	0,1281	0,3696
Февраль	1,59	0,3339	0,3696
Март	2,94	0,6174	0,3696
Апрель	4,29	0,6435	0,3696
Май	5,48	0,822	0,3696
Июнь	5,79	0,8685	0,3696
Июль	5,8	0,87	0,3696
Август	4,55	0,6825	0,3696
Сентябрь	2,83	0,4245	0,3696
Октябрь	1,58	0,237	0,3696
Ноябрь	0,83	0,1743	0,3696
Декабрь	0,46	0,0966	0,3696

Данное переключение аккумуляторных батарей позволить продолжить требуемую работы системы до середины ноября.

Таблица 1.2.2.3 – Потребление электрической энергий бытовыми приборами

Бытовой прибор	Электропотребление (Вт)
Ноутбук	45

Холодильник	188
LED телевизор	100
Стереосистема	60
Принтер	40
Зарядка для мобильного телефона	4
Беспроводной роутер Wi-Fi	7
Электрическая лебёдка	1100
Чайник электрический 12 В	120

Обзор аккумуляторных батарей

Повысить эффективность использования солнечных элементов в автономных системах электроснабжения возможно за счет использования накопителей энергии в виде аккумуляторов.

Электрический аккумулятор – химический источник тока многократного действия (вторичный химический источник тока), основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд) для накопления энергии и автономного электропитания различных электротехнических устройств и оборудования [3].

Химическими источниками тока называются устройства, в которых химическая энергия при разряде за счет окислительно-восстановительных процессов превращается в электрическую [1].

Разные типы аккумуляторов имеют не только различную стоимость, но и отличаются по основным параметрам: количеству циклов перезарядки, максимальному сроку хранения, отдаваемой емкости, внутреннему сопротивлению, размерам, объему электролита, температурному диапазону работы, возможностям ускоренной зарядки. Разрядные характеристики аккумуляторных батарей зависят от величины тока разряда. Срок службы аккумуляторов также зависит от

эксплуатационных особенностей, частоты и глубины заряда-разряда, величин зарядного и разрядного тока.

При проектировании системы автономного электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии, рассмотрим литиевые аккумуляторные батареи.

1.2.4. Схемы подключения аккумуляторов

Цикличность заряда-разряда идет не на пользу самой батарее, со временем ее заряд уменьшается, то есть батарея потихоньку разряжается, полностью восстановить количество энергии от генератора не удастся, в конечном итоге заряда батареи уже не будет хватать для запуска мотора. При правильном обслуживании и своевременном уходе за аккумулятором этих проблем можно избежать, а также продлить срок службы устройства.

Так как в работе используется разные технологии аккумуляторной батареи, то технология заряда разная.

Для качественного заряда стартерного кислотного-свинцового аккумулятора необходимо:

- Периодически проверять плотность электролита. Это можно сделать с помощью специального прибора. Прибор для проверки плотности - Ариометр. В идеале плотность должна составлять 1,25-1,27 г/см³ при температуре +25, а плотность в банках аккумулятора не должна отличаться больше, чем на 0,01 г/см³.
- Выставить ток на контроллере заряда. Ток должен быть равен строго одной десятой от ёмкости вашего аккумулятора, например, если ёмкость 65 А-ч, ток должен быть не больше 6,5А на зарядном устройстве. При глубокой разрядке аккумулятора эти показатели должны быть уменьшены до 1,5А – 2А.

В летнее время электролит выкипает быстрее, а находящиеся на открытом воздухе пластины подвержены разрушению, поэтому необходимо периодически проверять уровень электролита.

Вариант 1

В этом варианте, представленном на рис. 1.2.4.1, задействованы два аккумулятора 65 и 60 А/ч, ШИМ контроллер, солнечные модули. ШИМ контроллер отлично поддерживает заряд аккумуляторов в течении светового дня как при параллельной работы аккумуляторных батарей, так и при раздельной работе.



Рисунок 1.2.4.1. – Вариант 1

При параллельной работе емкость аккумуляторов увеличивается, и запуск двигателя в холодный период времени проходит достаточно легко. При раздельной работе система делится на две независимые части – генератор – аккумулятор, солнечные модули, ШИМ контроллер и аккумулятор. При необходимости аккумуляторы соединяются в параллельную цепь при помощи обычного переключателя, который можно вмонтировать на панель приборов в салоне.

Вариант 2

В данном варианте, представленном на рис. 1.2.4.2., рассматривается параллельная работа систем с отличающейся технологии аккумуляторных батарей. Так как при пуске двигателя развиваться большие пусковые токи (стартерные),

где сила тока в летний период достигает 200 ампер, а в зимний 300 ампер. У аккумуляторных батареи с технологии GEL и AMG имеют пусковые токи меньше, чем у кислотно-свинцовых аккумуляторов поэтому затрудняют процесс запуска двигателя, особенно в зимний период. Так же их совмещение в параллельную работу не рекомендуется, поэтому они разделены на работу двух систем которые видны на рисунке:



Рисунок 1.2.4.2. –Вариант 2

Установка дополнительного аккумулятора во внедорожниках обычно сопровождается установкой с электрическими лебёдками. А также в машину монтируют дополнительное оборудование, которое потребляет большое количество электрической энергии.

Подзаряд основного аккумулятора в данном варианте проходит напрямую с контроллера. Как только на контроллер попадает сигнал о разряде аккумуляторной батареи, то начинается процесс заряда соответствующим напряжением и силой тока. В то время как автомобиль находится в движении и основной аккумулятор заряжается от генератора, дополнительный аккумулятор

заряжается от солнечного модуля. В такой системе зачастую будет происходить переизбыток энергии и поэтому предусмотрена система балластной разгрузки в виде нагрузки – инвертора или включение дополнительных фар.

Вариант 3

В данном варианте, изображенном на рис. 1.2.4.3., предусмотрена параллельная работа аккумуляторов. Но на момент пуска двигателя включение дополнительного аккумулятора осуществляется с помощью поляризованного реле.



Рисунок 1.2.4.3.–Вариант 3

В системе параллельная работа аккумуляторов очень эффективна, особенно в зимний период времени, когда на момент остановки автомобиля производится переключение реле и помимо заряда основного аккумулятора с солнечного модуля происходит заряд от дополнительного аккумулятора.

1.2.5. Обзор контроллеров солнечных модулей

Разновидности контроллеров для заряда аккумуляторов

В современных солнечных электростанциях для передачи выработанной электроэнергии рабочим аккумуляторам применяются разные схемы подключения источников тока. Они используют не одинаковые алгоритмы, созданы на основе микропроцессорных технологий, называются контроллерами.

Электроэнергия, вырабатываемая солнечной батареей, может передаваться накопительным аккумуляторным батареям:

1. Напрямую, без использования коммутационных приборов и регулирующих устройств;

2. Через контроллер.

При первом способе электрический ток от источника пойдет к аккумуляторам и станет увеличивать напряжение на их клеммах. Вначале оно дойдет до определенного, предельного значения, зависящего от конструкции (типа) аккумуляторной батареи и окружающей температуры. На начальном этапе заряда схема работает нормально. А вот дальше начинаются крайне нежелательные процессы: продолжающееся поступление зарядного тока вызывает повышение напряжения сверх допустимых значений (порядка 14 В), возникает перезаряд с резким возрастанием температуры электролита, приводящей к его закипанию с интенсивным выбросом паров дистиллированной воды из элементов. Иногда вплоть до полного высыхания емкостей. Естественно, что ресурс аккумуляторной батареи резко снижается.

Поэтому задачу ограничения зарядного тока решают контроллерами или вручную. Последний способ: постоянно контролировать по приборам величину напряжения и коммутировать переключатели руками такой неблагоприятный, что существует только в теории. Типовая схема подключения контроллера представлена на рис. 1.2.5.1.

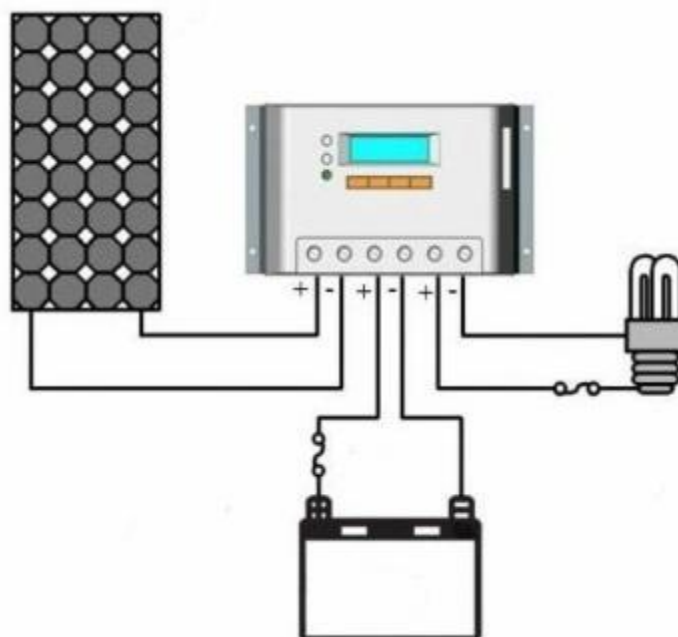


Рисунок 1.2.5.1. – Схема подключения контролера заряда

Алгоритмы работы контроллеров заряда солнечных батарей

По сложности способа ограничения предельного напряжения приборы изготавливают по принципам:

1. Откл/Вкл (или On/Off), когда схема просто коммутирует аккумуляторы к зарядному устройству по величине напряжения на клеммах,
2. широтно-импульсных (ШИМ) преобразований,
3. сканирования точки максимальной мощности.

Принцип №1: Схема Откл/Вкл

Это наиболее простой, но самый ненадежный метод. Его главный недостаток в том, что при возрастании напряжения на клеммах аккумуляторной батареи до предельного значения полного заряда емкости не происходит. Она доходит в этом случае примерно до 90% номинального значения.

У аккумуляторов постоянно происходит регулярный недобор энергии, который значительно снижает срок их эксплуатации.

Принцип №2: Схема ШИМ контроллеров

Сокращенное обозначение этих устройств на английском языке: PWM. Они выпускаются на основе конструкций микросхем. Их задачей является управление силовым блоком для регулирования напряжения на его входе в заданном диапазоне с помощью сигналов обратной связи.

PWM контроллеры дополнительно могут:

- учитывать температуру электролита встроенным либо выносным датчиком (последний способ точнее),
- создавать температурные компенсации зарядным напряжениям,
- настраиваться под определенный тип аккумуляторов (GEL, AGM, жидкокислотные) с разными показателями графиков напряжений в одинаковых точках.

Увеличение функций PWM контроллеров повышает их стоимость и надежность работы.

Принцип №3: сканирование точки максимальной мощности

Такие устройства обозначают английскими буквами MPPT. Они тоже работают по способу широтно-импульсных преобразователей, но предельно точны потому, что учитывают наибольшую величину мощности, которую способны отдать солнечные батареи. Это значение всегда точно определяется и вносится в документацию.

Например, для гелиобатарей 12 В точка отдачи максимальной мощности составляет порядка 17,5 В. Обыкновенный PWM контроллер прекратит заряд аккумуляторной батареи при достижении напряжения 14 - 14,5 В, а работающий по технологии MPPT — позволит дополнительно использовать ресурс солнечных батарей до 17,5 В.

С увеличением глубины разряда аккумуляторов возрастают потери энергии от источника. MPPT контроллеры уменьшают их. Таким способом MPPT

контроллеры, используя широтно-импульсные преобразования во всех циклах заряда аккумуляторов, увеличивают отдачу солнечной батареи. В зависимости от разных факторов экономия может составлять 10 - 30%. При этом ток выхода из аккумулятора будет превышать ток входа в него из солнечной батареи.

Основные параметры контроллеров заряда солнечных батарей

При выборе контроллера для солнечной батареи кроме знания принципов его работы следует обратить внимание на условия, для которых он разработан.

Главными показателями приборов являются:

- значение входного напряжения;
- величина суммарной мощности солнечной энергии;
- характер подключаемой нагрузки.

Напряжение солнечной батареи

На контроллер может подаваться напряжение от одной или нескольких солнечных батарей, соединенных по разным схемам. Для правильной работы прибора важно, чтобы суммарная величина подаваемого на него напряжения с учетом холостого хода источника не превышала предельной величины, указанной производителем в технической документации.

При этом следует сделать запас (резерв) $\geq 20\%$ из-за ряда факторов: не секрет, что отдельные параметры солнечной батареи иногда могут быть чуть-чуть завышены в рекламных целях, происходящие на Солнце процессы не носят стабильного характера, а при аномально повышенных вспышках активности возможна передача энергии, создающая напряжение холостого хода солнечной батареи выше расчетного предела.

Преимущество использования ШИМ контроллеров

Гелевая аккумуляторная батарея полностью герметична. Она задумана как необслуживаемая модель. В самом деле, гель ведь нельзя вылить или дозаливать. Такая батарея вынослива физически, может работать в любом положении.

Однако её слабое место – это перезаряд. Не смотря на то, что такие батареи могут выдерживать примерно 700 полных циклов заряд-разряд, что в десятки раз превышает показатель традиционных свинцово-кислотных батарей, они очень боятся перезаряда и высоких напряжений в процессе зарядки. Самое главное правило при их зарядке – зарядное напряжение не должно превышать пороговое. Производители в инструкции к таким батареям указывают пороговое напряжение, оно составляет 14,2-14,4 В. Гелевые батареи могут очень долго храниться, будучи полностью разряженными в ноль. Такие батареи могут храниться при минусовых температурах. Но при перезаряде, при высоком зарядном напряжении гелевый электролит начинает обильно выделять газ, который уже не абсорбируется в таких объемах обратно.

В обычном режиме гелевая батарея практически не выделяет газ, так как густая консистенция электролита просто не позволяет газу выйти наружу. Из-за этого полезного свойства такие батареи можно применять практически, где угодно. Их можно ставить в квартире, в салоне автомобиля, и не опасаться, что они токсичны, либо что при разломе корпуса все зальет электролитом. Нет, даже при сквозном пробое корпуса такая батарея может продолжать работать. Однако если подать на клеммы напряжение, скажем, 15 В, то весь этот гель начнет быстро отслаиваться от пластин, и может отойти настолько, что назад просто уже не вернется и батарея не будет отдавать ток чисто физически.

Простейшие контроллеры просто отключают источник энергии (солнечную батарею) при достижении напряжения на аккумуляторной батарее примерно 14,4 В (для АБ номинальным напряжением 12В). При снижении напряжения на АБ до примерно 12,5-13 В снова подключается солнечная батарея и заряд возобновляется. При этом максимальный уровень заряженности АБ при этом составляет 60-70%. При регулярном недозаряде происходит сульфатация пластин и резкое сокращение срока службы АБ, рис. 1.2.5.2..

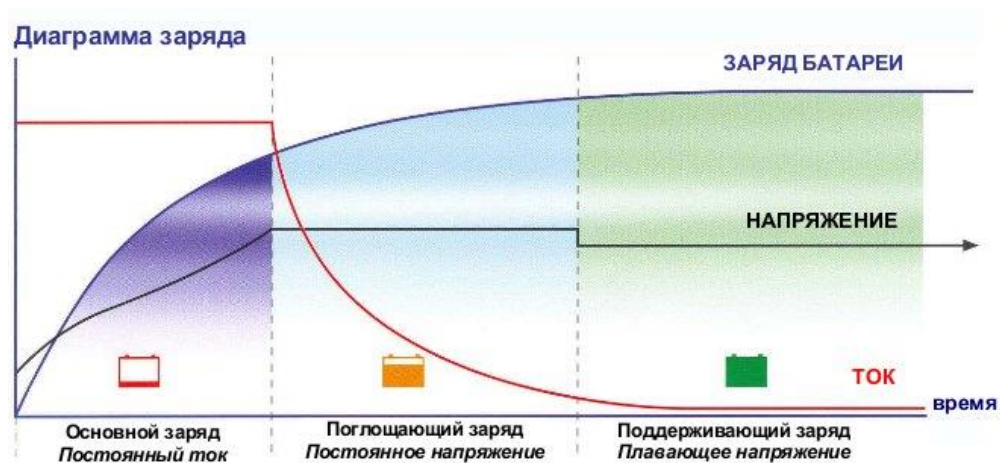


Рисунок 1.2.5.2. – Стадии заряда аккумулятора

Далее рассмотрим четыре стадии заряда от солнечной батареи (рис. 1.2.5.3.):



Рисунок 1.2.5.3. – 4 стадии заряда от солнечной батареи

1. Заряд максимальным током: на этой стадии батарея получает весь ток, поступающий от солнечных модулей.
2. ШИМ заряд: когда напряжение на АБ достигает определенного уровня, контроллер начинает поддерживать постоянное напряжение за счет ШИМ тока заряда. Это предотвращает перегрев и газообразование в аккумуляторе. Ток постепенно уменьшается по мере заряда аккумуляторной батареи.
3. Выравнивание: Многие батареи с жидким электролитом улучшают свою работу при периодическом заряде до газообразования, при этом выравниваются напряжения на различных банках АБ и происходит очищение пластин и перемешивание электролита.
4. Поддерживающий заряд: Когда АБ полностью заряжена, зарядное напряжение уменьшается для предотвращения дальнейшего нагрева или газообразования в батарее. АБ поддерживается в заряженном состоянии.

1.2.6. Типы инверторов, технические характеристики

В энергетике весьма часто возникает необходимость преобразования одних величин в другие потому, что электрическую энергию производят источники переменного или постоянного тока. Для них создаются соответствующие потребители: электродвигатели, трансформаторные устройства, бытовые приборы.

Во многих отраслях деятельности, как и в альтернативной энергетике, возникает необходимость эксплуатации потребителей от комбинированных источников. Аккумуляторные батареи заряжают, а радиотехнические приборы, компьютерные устройства питают постоянным током или выпрямленным от генераторов электроэнергии с вращающимся электромагнитным полем.

Обратную задачу работы электродвигателей синусоидальных гармоник бытовых электроприемников от источников постоянного тока решают преобразованием электроэнергии в переменную с помощью специально разработанных сложных электрических конструкций, которые называют инверторами.

Назначение и задачи инвертора

По способу подключения к солнечной станции, потребителям и аккумуляторам инверторы подразделяются на:

- Сетевые,
- Автономные,
- Гибридные.

Сетевые модели с обозначением “on grid” работают от солнечной электростанции на нагрузки общественной электрической сети. Они больше всего используются в системах с мощностями, превышающими 10 кВт, характерны для применения в странах Европы. В условиях России положения «Зеленого тарифа» не дают право частным лицам на использование этого метода.

Автономные инверторы обозначают “off grid”. Их подключают к домашним бытовым потребителям, а запитывают от аккумуляторных батарей, подзаряжаемых солнечными модулями через контроллеры.

Гибридные конструкции используют оба метода подключения. Они хорошо сочетаются со схемами источников бесперебойного питания, могут посредством автоматики контроллера работать от аккумуляторной батареи и/или солнечного модуля при необходимости.

1.2.7. Преобразователи постоянного напряжения и их принцип работы

Преобразователи постоянного напряжения (ППН) – устройства, которые преобразуют энергию постоянного тока одного напряжения в энергию постоянного тока другого напряжения. Устройства, позволяющие получить выходное напряжение большее по величине, чем входное, называются повышающими. Так, например, это позволяет осуществить бустерная схема, которая представлена на рисунке 1.2.7.1.

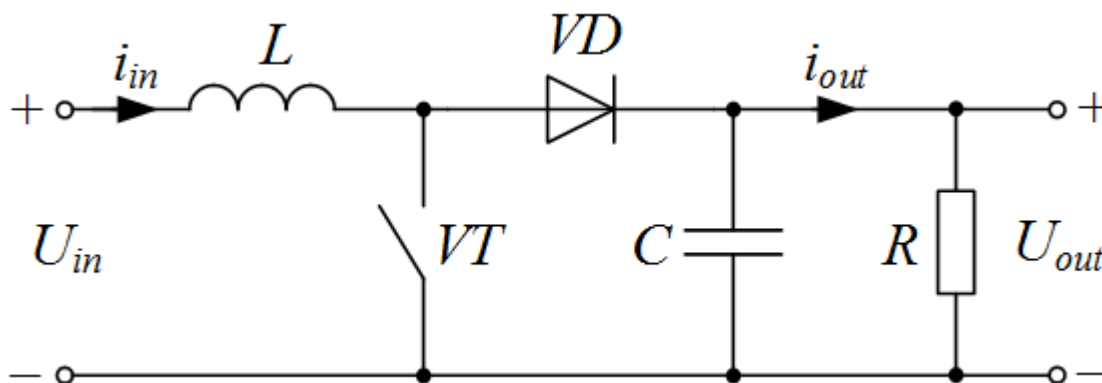


Рисунок 1.2.7.1– Электрическая принципиальная схема повышающего преобразователя

Временные диаграммы для данной схемы выпрямления представлены на рисунке 1.2.7.2.

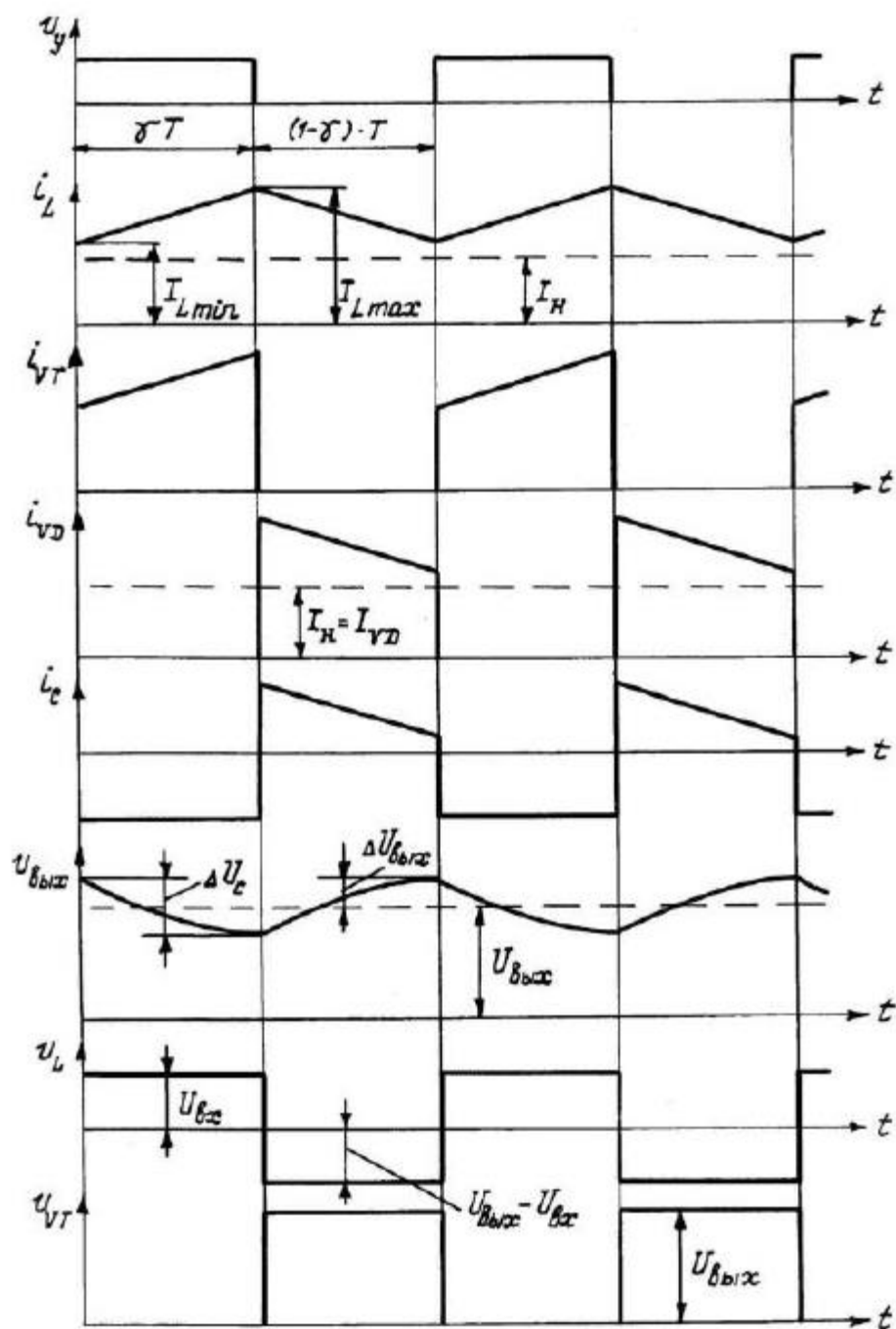


Рисунок 1.2.7.2. – Временные диаграммы повышающего преобразователя

В качестве ключевого элемента КЛ используется транзистор VT , работающий в импульсном режиме и подключен параллельно нагрузке R . Диод VD и конденсатор C блокирует нагрузку от ключевого элемента в определенные моменты времени. В момент, когда ключ замкнут, ток I_{in} от источника питания U_{in} протекает через дроссель L , запасая в нем энергию. При этом диод VD отсекает нагрузку и не дает конденсатору разряжаться через замкнутый ключ. Ток в нагрузку в этот момент времени поступает только от конденсатора C . В момент,

когда ключ закрывается, ЭДС самоиндукции дросселя суммируется с выходным напряжением и энергия тока дросселя отдается в нагрузку.

Данный преобразователь не обеспечивает гальванической развязки. Типичное применение повышающей схемы – питание мобильных устройств от батарей или получение высокого напряжения для газоразрядных ламп подсветки в дисплеях портативных компьютеров. Повышающая схема также используется в активных корректорах коэффициента мощности в составе AC/DC конверторов, поскольку она позволяет продолжать отбор тока от первичного источника в те периоды времени, когда мгновенное напряжение на входе меньше, чем на выходе.

Вывод по 1 главе:

На основании анализа оборудования и погодных условий для решения поставленной задачи электроснабжения электродвигателя, целесообразно использовать следующую структурную схему и элементы системы автономного электроснабжения:

1. Солнечный модуль;
2. Контроллер питания;
3. Аккумуляторные батареи;
4. Инвертор;
5. Индикатор заряда аккумулятора;
6. Электродвигатель.

ГЛАВА 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Основной задачей данной диссертации стоит – заряд основного аккумулятора от энергии солнца. Как и в типичной солнечной электростанции система должна состоять из основных частей:

- Солнечных модулей
- Контролера питания
- Аккумуляторных батарей

И из дополнительного оборудования:

- Инвертор (для перехода в переменное напряжение 400В)
- Индикатор заряда аккумуляторов

Работа возобновляемых источников энергии (ветер и солнце) обусловлена скорее погодными и климатическими условиями нежели потребностями пользователей, что делает управление и распределение электроэнергии еще более сложным. Так как работа системы зависит от климатических условий, выбор оборудования состоит в основном от локального местонахождения автомобиля, а так как автомобиль может передвигаться по разным участкам с разным уровнем инсоляций то мы выберем наиболее эффективное оборудование для местности с малым уровнем инсоляций - Томская область.

Рассмотрим конкретный пример установки солнечных моделей на автомобиль Nissan Cube Z10 2010, рис.2.1.

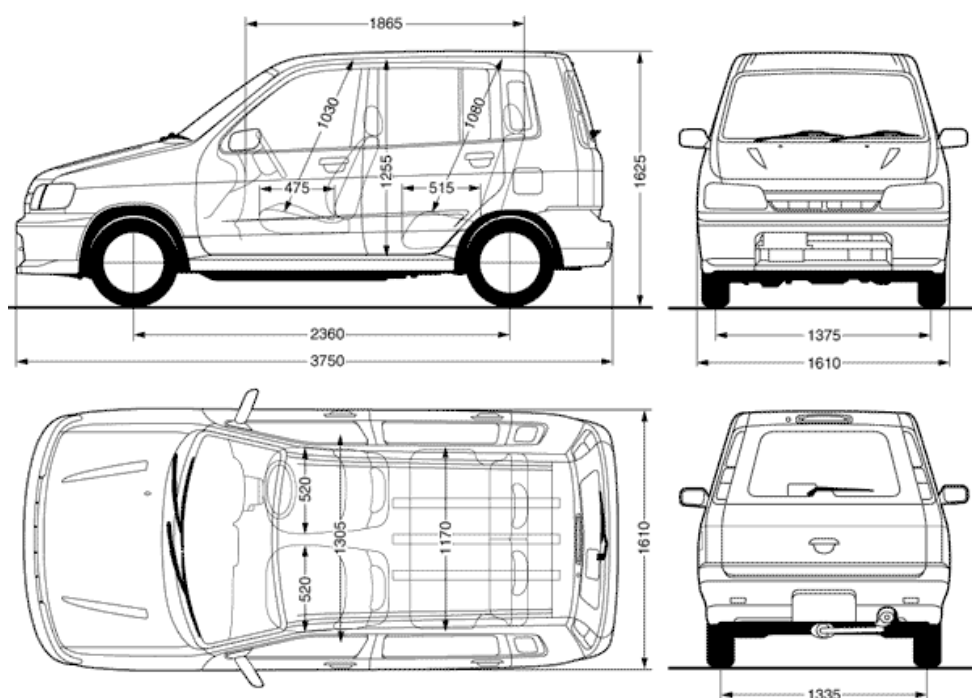


Рисунок 2.1. – Размеры кузова Nissan Cube Z10 2010

Габариты данной модели позволяют установку гибкой солнечной панели на крыше автомобиля, плюс ко всему рассмотрим и вариант с установкой еще одной солнечной панели на капоте, габариты солнечного модуля также позволяют установку на капот.

Для дальнейшего расчета вырабатываемой мощности мы берем данные солнечной инсоляции города Томск и рассчитываем вырабатываемую мощность одной панелью 400Вт.

2.1. Расчёт сопротивления дороги и воздуха движению автомобиля

Для определения нагрузки двигателя при моделировании необходимо определить сопротивление движению автомобиля.

В общем случае уравнение движения автомобиля выражается в виде, Н:

$$P_k = P_f + P_w \pm P_i \pm P_j$$

P_k – касательная сила тяги, Н;

P_f – сила сопротивления качению, Н;

P_w – сила сопротивления воздуха, Н;

P_i – сила сопротивления подъёму, Н;

P_j – сила сопротивления разгону, Н;

Величина суммарного дорожного сопротивления:

$$P_{\psi} = P_f + P_i = G_a \cdot \psi$$

G_a – полный вес автомобиля, Н;

ψ – коэффициент сопротивления дороги;

При равномерном движении автомобиля по ровной горизонтальной дороге ($F = \Psi$), кВт:

$$N_k = N_e \cdot \eta_{mp} = N_{\psi} + N_w = \frac{\psi \cdot G_a \cdot v_a + k_w \cdot F_w \cdot v_a^3}{1000}$$

N_k – мощность, подводима к ведущим колесам, кВт;

v_a – скорость движения автомобиля, м/с (км/ч);

k_w – коэффициент обтекаемости автомобиля, Н*с²/м⁴;

F_w – площадь лобового сопротивления автомобиля (миделево сечение) , м²;

Для легковых автомобилей:

$$F_w = 0,78 \cdot B \cdot H$$

B – ширина автомобиля, м;

H – высота автомобиля, м;

Общую затрачиваемую мощность на движение можно найти по формуле:

$$N_{общ} = \frac{N_k}{\eta_{дв}}$$

$\eta_{дв}$ – КПД двигателя;

Примем, что автомобиль едет с постоянной скоростью 60 км/ч или 16,67 м/с, коэффициент Ψ для цементно-бетонного и асфальтного покрытия равен $0,01 \div 0,02$ примем 0,01, коэффициент k_w для серийно выпускаемых легковых автомобилей равен $0,2 \div 0,35$ примем 0,2, $\eta_{дв}=0,73$;

$$N_k = \frac{0,01 \cdot 1470 \cdot 9,8 \cdot 16,67 + 0,3 \cdot 0,78 \cdot 1,610 \cdot 1,625 \cdot 16,67^3}{1000} = 5,24 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{общ}} = \frac{5,24}{0,73} = 7,17 \text{ кВт}$$

Зная потребляемую мощность двигателем, необходимую для движения нашего автомобиля со скоростью 16,67 км\ч, а также зная угловую скорость нашего двигателя рассчитаем момент двигателя, который соответствует нашей нагрузке:

$$M = \frac{N_{\text{общ}}}{\omega} = \frac{7170}{376,8} = 19,03 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.2 Оценка солнечного энергетического потенциала при переменных координатах

Потенциальные возможности прихода солнечной радиации, определяются географической широтой места. Климатические характеристики района, косвенно характеризующиеся продолжительностью солнечного сияния, вносят существенные коррективы в возможность эффективного использования энергии солнца.

Таблица 2.1.1 - Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для горизонтальной площадки в Томске

	Сумма солнечной радиации, кВт*ч/м ²											
	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Ср.мес	23,2	46,4	98,7	125,5	159,1	177,8	172,3	135,7	90,2	44,9	24,4	18,6
Ср.днев	0,77	1,54	3,29	4,18	5,3	5,93	5,74	4,53	3	1,5	0,82	0,62

Таблица 2.1.2 – Инсоляция в период с 2010-2015г

Месяц	λ , кВт*ч/м ² в месяц					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Январь	23,40	23,80	24,10	23,20	22,90	23,50
Февраль	46,30	46,80	45,90	46,20	45,30	46,20

Март	98,30	98,70	98,20	97,90	98,10	98,40
Апрель	125,50	125,10	124,90	125,80	125,30	125,20
Май	159,20	159,10	159,40	159,90	158,80	159,30
Июнь	177,80	177,40	177,90	177,70	177,10	176,90
Июль	172,20	172,80	172,50	172,40	171,80	172,90
Август	135,10	135,50	135,80	135,20	135,30	134,90
Сентябрь	90,30	90,20	90,40	89,98	90,32	90,54
Октябрь	44,90	44,56	44,34	44,76	44,46	44,33
Ноябрь	24,40	24,80	24,87	24,22	24,00	23,98
Декабрь	15,83	15,58	15,43	15,77	15,41	15,98

Построим график среднемесячной суммы солнечной инсоляции в зависимости от месяца, приведем на рис.2.1.1.

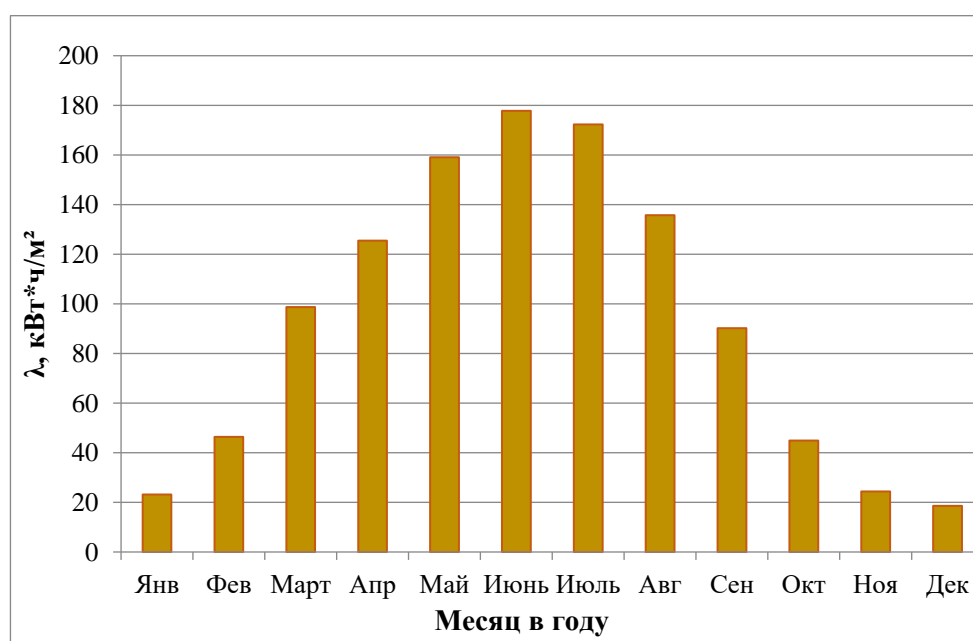


Рисунок 2.1.1 – Среднемесячные суммы солнечной инсоляции

В таблице 2.1.3 приведены усредненные данные о восходе и заходе солнца, на основе которых вычислена продолжительность светового дня.

Таблица 2.1.3 – Продолжительность светового дня

Сезон	Восход	Закат	Длительность
-------	--------	-------	--------------

Зима	09:00:00	17:08:00	08:08:00
Весна	05:36:00	20:14:00	14:37:00
Лето	04:21:00	21:40:00	17:18:00
Осень	07:14:00	18:06:00	10:51:00

В качестве примера произведем расчет для зимы. Для построения графика значения солнечной энергии в зависимости от времени суток воспользуемся следующим алгоритмом.

Для каждого часа в сутках отметим наличие или отсутствие солнца, начиная с часа восхода по час заката (таблица 2.1.3). Далее подсчитываем количество часов с солнцем, в данном случае $N=8$.

Строить график будем в виде синусоиды, в диапазоне углов от 0 до 180 (восход = 0, закат = 180), поэтому для каждого часа солнечной активности назначим угол, в соответствии с количеством часов продолжительности дня.

Разбиваем 9 часовой интервал на равные промежутки и получаем, что за час угол изменяется на 22,5 градуса. Учитывая, что в час восхода и в час заката, также производится выработка электроэнергии, изменим значения угла вручную, чтобы выработка в эти часы не равнялась 0.

Определяем мощность, которую можно получить с 1 м^2 за 1 час, столбец 4:

$$P' = \frac{\lambda}{24} \cdot \sin \varphi_i.$$

Просуммировав полученные значения мощности, заметим, что получившееся значение отличается от величины суточной инсоляции на квадратном метре. Следовательно, необходимо найти поправочный коэффициент:

$$K_{\Pi} = \frac{\lambda}{\sum P_i} = \frac{0,69}{0,145} = 4,741.$$

Для остальных сезонов расчёт аналогичен.

На рисунке 2.1.2 приведены суточные графики вырабатываемой активной мощности с квадратного метра под действием солнечного излучения для каждого из сезонов. В таблице 2.1.5 отражены численные значения этих мощностей.

Таблица 2.1.4 – Построение графика энергии солнца, для зимнего сезона

1	2	3	4	5	6
T	$flag$	ϕ	P^*	P , кВт/м ²	W , кВт·ч/м ²
00:00:00	0	0	0	0	0
01:00:00	0	0	0	0	0
02:00:00	0	0	0	0	0
03:00:00	0	0	0	0	0
04:00:00	0	0	0	0	0
05:00:00	0	0	0	0	0
06:00:00	0	0	0	0	0
07:00:00	0	0	0	0	0
08:00:00	0	0	0	0	0
09:00:00	0	0	0	0	0
10:00:00	1	1	0,000502	0,002379	0,002379
11:00:00	1	22,5	0,011002	0,052161	0,052161
12:00:00	1	45	0,020329	0,096381	0,096381
13:00:00	1	67,5	0,026562	0,125928	0,125928
14:00:00	1	90	0,02875	0,136303	0,136303
15:00:00	1	112,5	0,026562	0,125928	0,125928
16:00:00	1	135	0,020329	0,096381	0,096381
17:00:00	1	157,5	0,011002	0,052161	0,052161
18:00:00	1	179	0,000502	0,002379	0,002379
19:00:00	0	0	0	0	0
20:00:00	0	0	0	0	0
21:00:00	0	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0	0
23:00:00	0	0	0	0	0
Итого	-	-	0,14554	0,69	0,69

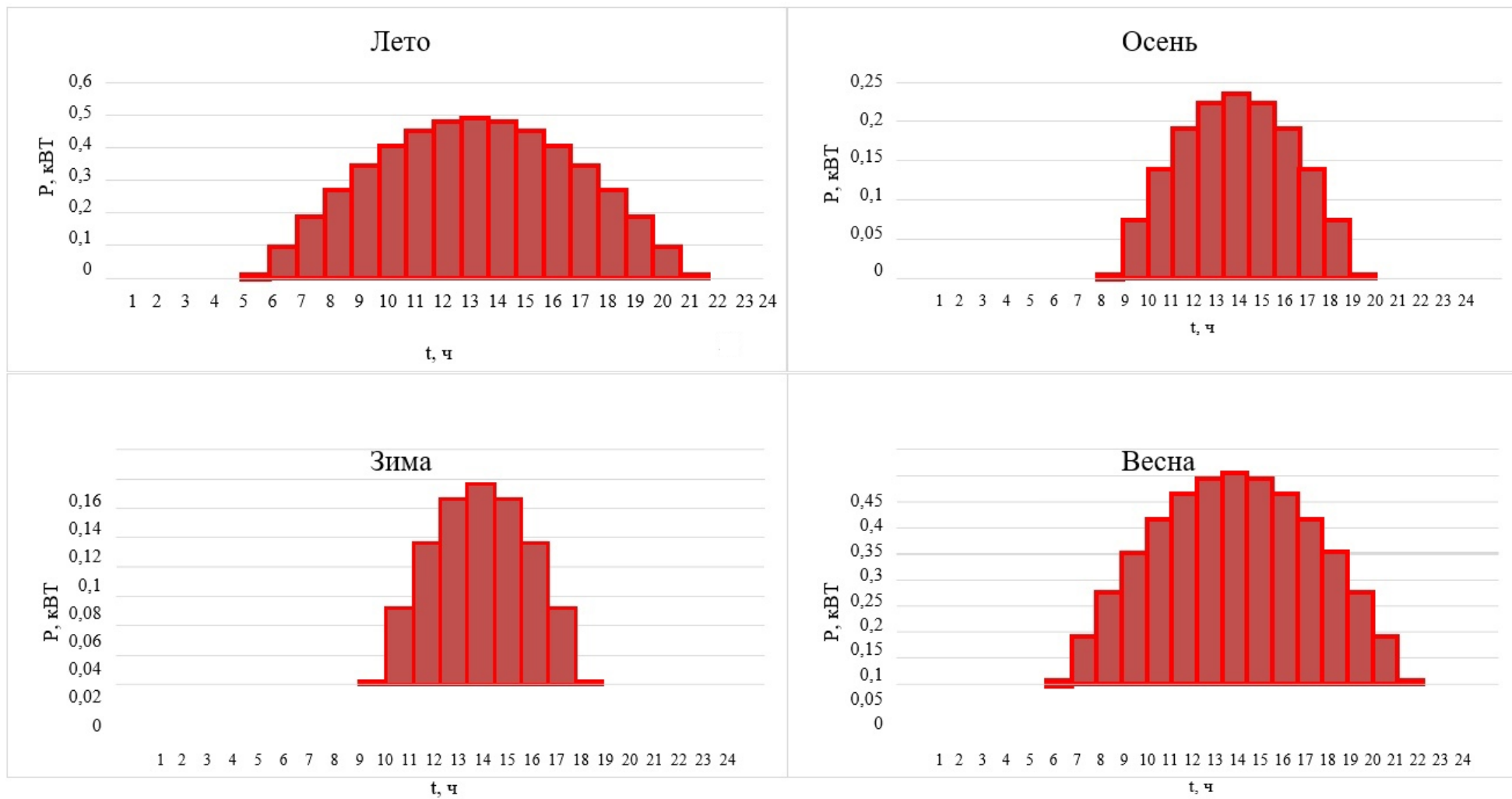


Рисунок 2.1.2 – Сезонные графики вырабатываемой активной мощности за счет солнечной энергии с 1 м^2

Таблица 2.1.5 - Суточные графики активных нагрузок и вырабатываемой мощности с 1 квадратного метра за счет энергии солнца

t, ч	Зима	Весна	Лето	Осень
	P_3	$P_в$	$P_л$	$P_о$
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
6	0	0	0,008	0
7	0	0,007	0,095	0
8	0	0,09	0,186	0
9	0	0,175	0,27	0,004
10	0,0024	0,251	0,344	0,073
11	0,0522	0,315	0,405	0,138
12	0,0964	0,363	0,45	0,19
13	0,1259	0,393	0,477	0,223
14	0,1363	0,403	0,487	0,235
15	0,1259	0,393	0,477	0,223
16	0,0964	0,363	0,45	0,19
17	0,0522	0,315	0,405	0,138
18	0,0024	0,252	0,344	0,073
19	0	0,175	0,27	0,004
20	0	0,09	0,186	0
21	0	0,007	0,095	0
22	0	0	0,008	0
23	0	0	0	0
24	0	0	0	0
Итого	0,69	3,56	4,96	1,50

2.3. Расчет электрических нагрузок

В таблице 2.3.1 представлена потребляемая мощность нашего электродвигателя при скорости движения 60 км/ч.

Таблица 2.3.1 – Мощности потребления

Потребитель	$P_{ном}$, кВт	Примечания
Электродвигатель	7,17	Таблица 2.2.2

Для составления баланса электроэнергии в автономной системе электропитания с солнечными панелями необходим помесичный график электропотребления нашего автомобиля. За время работы двигателя были взяты 2 часа в сутки.

В таблице 2.3.2 представлено помесечное электропотребление нашего объекта, а также на рисунке 2.3.1 изображен график потребляемой мощности за каждый месяц.

Таблица 2.3.2 – Потребление по месяцам

Месяц	W, кВт*ч
Декабрь	444,54
Январь	444,54
Февраль	401,52
Март	444,54
Апрель	430,2
Май	444,54
Июнь	430,2
Июль	444,54
Август	444,54
Сентябрь	430,2
Октябрь	444,54
Ноябрь	430,2

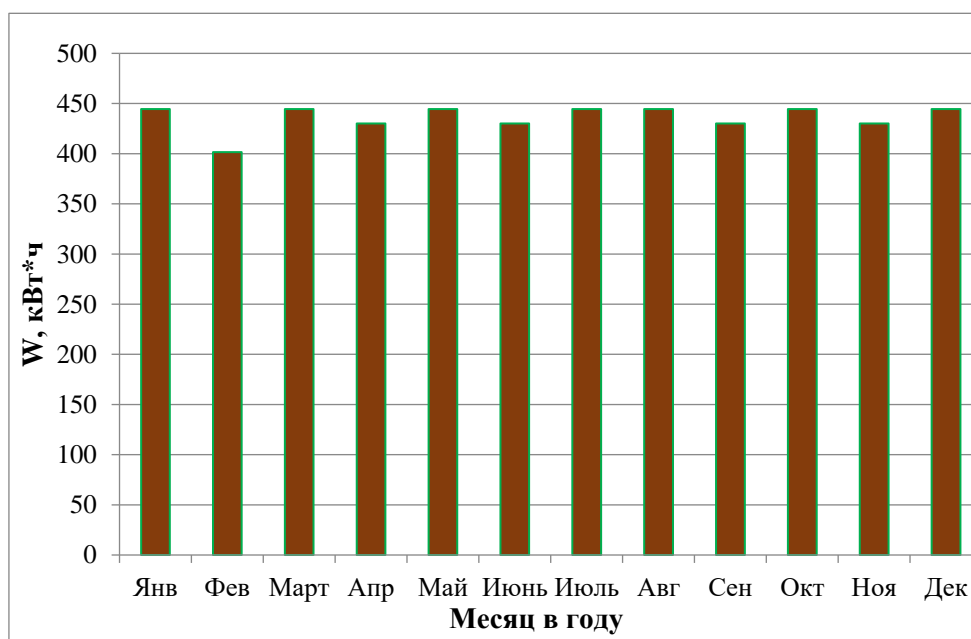


Рисунок 2.3.1 – Потребляемая энергия по месяцам

За время работы двигателя были взяты 2 часа в сутки, из чего получается, что потребление по месяцам отличается только количеством дней в них. Балансы электроэнергии включают энергию генерируемую фотоэлектростанцией и потребленную проектируемым объектом.

2.4 Выбор оборудования солнечной электростанции

2.4.1 Выбор солнечных модулей

Из пункта 2.1 был проанализирован потенциал солнечной энергии на территории Томской области. Было установлено что на 1 м² в зависимости от времени года падает от 0,62 до 5,93 кВт*ч солнечной энергии. В качестве солнечных модулей выберем Sunways ФСМ-400М.

Рассчитаем количество вырабатываемой энергии одним солнечным модулем в течении года по отдельным месяцам, таблица 2.4.1, по полученной таблице построим график вырабатываемой мощности, рисунок 2.4.1.

Расчет будет производиться по формуле:

$$W_m = S_m \cdot E \cdot k \cdot \eta,$$

где S_m – площадь солнечного модуля, м²;

E – значение инсоляции за выбранный период, кВт·ч/м²;

η – КПД солнечного модуля;

k – коэффициент, учитывающий поправку на потери мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении года. Величина k принимается равной 0,5 летом и 0,7 в зимний период. Разница в его значении летом и зимой обусловлена меньшим нагревом элементов в зимний период.

Пример расчета для Января:

$$W_m = S_m \cdot E \cdot k \cdot \eta = 1,94 \cdot 23,2 \cdot 0,7 \cdot 0,19 = 5,986 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Таблица 2.4.1 – Баланс мощности

Месяц	Солнечная радиация (кВт×ч/м ²) (месяц)	Потр. Э.Э. $W_{\text{треб}}$ (кВт×ч)	Э.Э. солнечного модуля $W_{\text{мод}}$ (кВт×ч) (1)	Э.Э. солнечных модулей (4) $W_{\text{мод}}$ (кВт×ч)	Баланс Э.Э - $W_{\text{б}}$ (кВт×ч)
Январь	23,2	444,54	5,986	23,944	-420,59
Февраль	46,4	401,52	11,972	47,888	-353,63
Март	98,7	444,54	21,828	87,313	-357,22
Апрель	125,5	430,2	27,755	111,022	-319,17
Май	159,1	444,54	29,322	117,288	-327,25
Июнь	177,8	430,2	32,768	131,074	-299,12
Июль	172,3	444,54	31,754	127,019	-317,52
Август	135,7	444,54	30,011	120,045	-324,49
Сентябрь	90,2	430,2	19,948	79,794	-350,4
Октябрь	44,9	444,54	9,93	39,72	-404,81
Ноябрь	24,4	430,2	5,396	21,585	408,61
Декабрь	18,6	444,54	4,113	16,454	-428,08

Составим график вырабатываемой мощности одной солнечной панели рисунок 2.4.1 и график баланса мощностей при использовании всех солнечных модулей, рисунок 2.4.2.

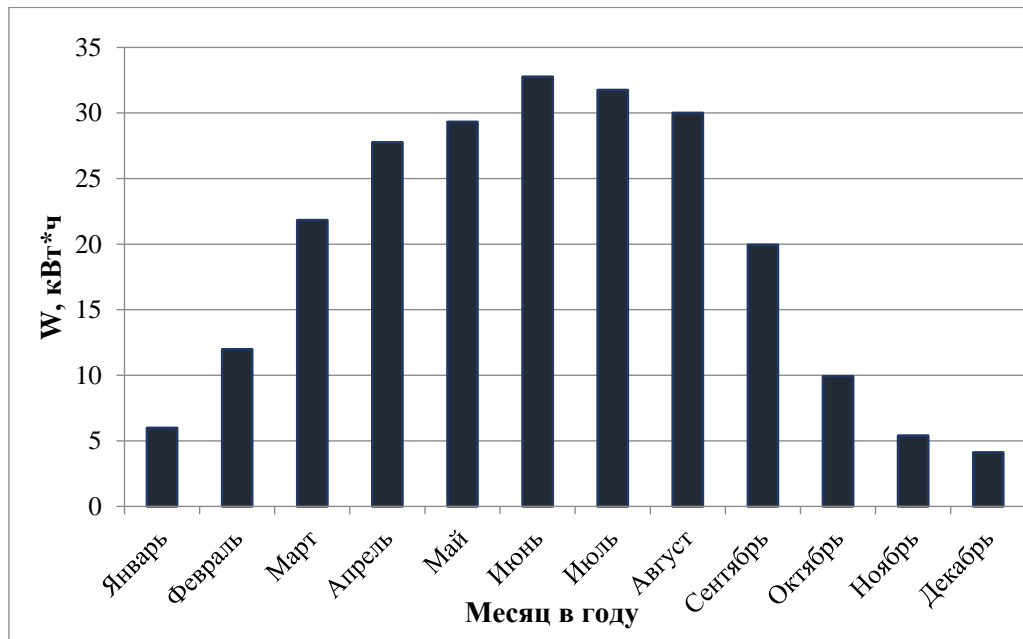


Рисунок 2.4.1 – График вырабатываемой мощности одного солнечного модуля

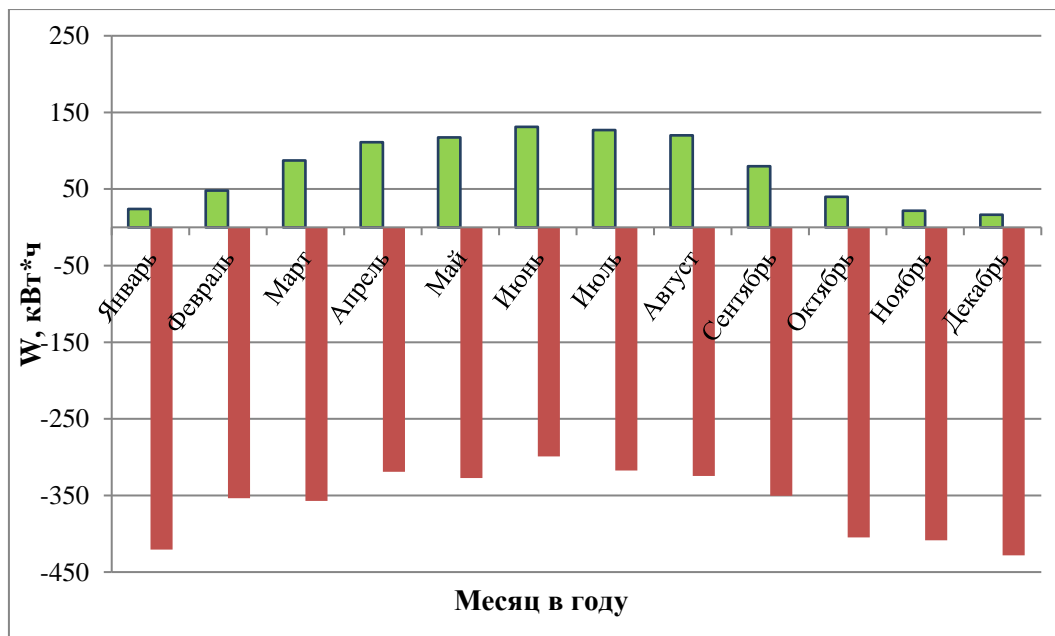


Рисунок 2.4.2 – Годовой баланс мощностей при использовании солнечных модулей

По приведённому графику энергетического баланса можно сделать вывод что работы 4 солнечных панелей не достаточно для бесперебойной работы электродвигателя, однако имеется возможность подзарядить аккумуляторную батарею на электрозаправке и недостающая мощность будет восполнена именно таким образом. Наиболее благоприятными месяцам, для использования

солнечных модулей являются июнь, так как он характеризуется наивысшим значением суммарной солнечной радиации.

2.4.2. Выбор аккумуляторных батарей и контроллера

Произведем расчет необходимой емкости накопителей для покрытия суточной потребности в электроэнергии. Напряжение батарей аккумуляторов принято равным $U_{акб}=400$ В, глубина разряда, с целью продления срока службы аккумуляторов, принята равной 90%. Тогда, требуемая емкость накопителей ($E_{треб}$):

$$E_{треб} = \frac{W_{сут}}{U_{акб} \cdot k} = \frac{7170 \cdot 2}{400 \cdot 0,9} = 39,8 \text{ А} \cdot \text{ч}$$

Согласно с расчетом выбираем аккумулятор EnergoElement 24,6 кВтч.

Устанавливаем 1 АКБ. Емкость выбранной числа АКБ составляет $E=61,5$ А*ч, $U=400$ В, $W=24600$ Вт.

Определим необходимую мощность для полного заряда аккумуляторов при разряде на 90% по формуле:

$$W = \frac{0,9 \cdot E_{треб} \cdot U_{акб}}{1000},$$

Пример расчета:

$$W = \frac{0,9 \cdot E_{треб} \cdot U_{акб}}{1000} = \frac{0,9 \cdot 61,5 \cdot 400}{1000} = 22,14 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Определим запас хода аккумулятора и время до полной разрядки при постоянной скорости движения 60 км/ч, зная что в час расходуется 7,17 кВт*ч.

$$L = \frac{E_{АКБ} \cdot v}{E_{ч}} = \frac{24600 \cdot 60}{7,17} = 205,8 \text{ км},$$

$$T_{\text{разряда}} = \frac{E_{\text{АКБ}}}{E_{\text{ч}}} = \frac{24600}{7,17} = 3,43 \text{ ч}$$

Таблица 2.4.2 – Заряд аккумуляторной батареи от солнечных модулей

Месяц	Среднедневная солнечная инсоляция, кВт·ч/м ²	Мощность солнечной системы, кВт·ч	Необходимый заряд аккумулятора в сутки, кВт·ч	Заряд аккумулятора от панели, %	Путь от СЭС, км
Январь	0,77	0,794	14,34	5,53	6,63
Февраль	1,54	1,589		11	13,2
Март	3,29	2,91		20,29	24,35
Апрель	4,18	3,698		25,78	30,94
Май	5,3	3,907		27,25	32,7
Июнь	5,93	4,37		30,47	36,56
Июль	5,74	4,231		29,49	35,39
Август	4,53	3,34		23,29	27,95
Сентябрь	3	2,654		18,51	22,21
Октябрь	1,5	1,327		9,25	11,1
Ноябрь	0,82	0,725		5,05	6,06
Декабрь	0,62	0,548		3,82	4,58

По данным таблицы 2.4.2 видно, что вырабатываемой электроэнергии от солнечной системы не достаточно для полного заряда аккумуляторной батареи. Однако 6 месяцев в году мы можем обеспечивать более 20% суточной потребности в электроэнергии от СЭС. Максимальный путь, на который можно уехать на заряде от СЭС составляет 36,56 км в июне, а минимальный 4,58 км в декабре.

Ссылаясь на выбранную схему построения системы электроснабжения, необходимо произвести выбор оборудования для этой системы, в частности, подобрать инвертор.

Выбранный инвертор должен обеспечить необходимую выходную мощность, форму вырабатываемого тока, частоту, обеспечивать параллельную работу генераторов электрической энергии на нагрузку и на заряд аккумуляторов.

Также он должен иметь входы постоянного тока, контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей, выпрямитель. Все оборудование внутри шкафа должно быть согласовано между собой. Суммарная потребляемая мощность в течение дня составляет 14,34 кВт. Мощность, потребляемая инвертором за час, не будет превышать мощность 7,17 кВт. После анализа рынка, как наиболее оптимальный вариант, было выбрано 2 инвертора ИС1-24-4000Р DC-АС фирмы СибКонтакт с суммарной мощностью 8 кВт.

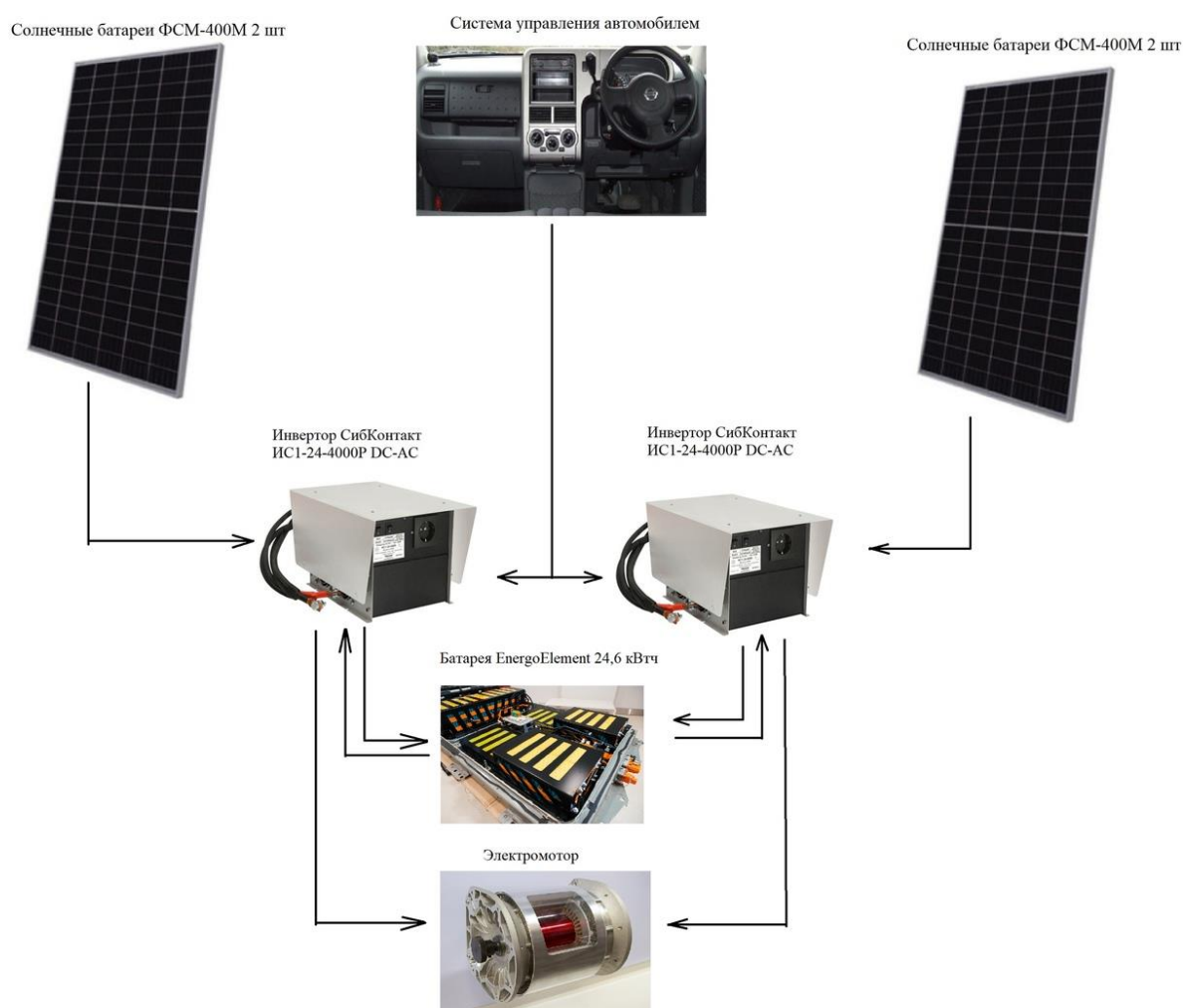


Рисунок 2.4.3 – Структурная схема системы питания электродвигателя от солнечных модулей

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через инверторы-контроллеры заряда-разряда, которые выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и

глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических модулей выдается на постоянном токе и напряжении, для приведения её к стандартным параметрам в составе системы установлен инвертор, который преобразует энергию в переменный ток и потребитель получает полноценное линейное напряжение 400 В на частоте 50 Гц. В качестве провода по току и мощности выбран кабель КГСНРТЭ 1х25, который выдерживает ток до 85 А, мощность до 18,7 кВт.

Вывод по 2 главе

По результатам проведённых расчётов следует, что электродвигатель обеспечен запасом хода за счёт аккумулятора с возможностью постоянного подзаряда от солнечных модулей. Общий запас хода аккумулятора составляет 205,8 км. Путь на который можно уехать за счёт энергии СЭС составляет от 4,58 до 36,56 км за сутки. 6 месяцев в году СЭС способна обеспечивать более 20% суточной потребности электроэнергии двигателя.

Расчёты были приведены для Томской области и показали положительный результат, отсюда следует, что для остальных районов, где солнечная инсоляция выше данный вид электроснабжения электромобилей тоже применим. Для полного заряда АКБ от СЭС потребуется от 44 дней с инсоляцией как в декабре до 5,6 дней в июне. Чтобы обеспечить один день хода на электроэнергии только от СЭС, это 2 часа на скорости 60 км\ч, потребуется заряжать АКБ от СЭС 26 дней в декабре и 3,28 дней в июне.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Цели проекта

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Темой научно-технического исследования является обоснование и исследование автономной системы электроснабжения электродвигателя электромобиля от возобновляемого источника энергии.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

4.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок. Автономная система электроснабжения электродвигателя может использоваться на легковых автомобилях. В

настоящее время в Европе и Азии активно развивается рынок автомобилей, работающих на гибридных системах и на электродвигателях.

Сегменты рынка. На данный момент на территории России имеется 16 автозаводов, занимающихся изготовлением деталей и сборкой автомобилей. Согласно отчету от Deloitte к 2030 г. на каждый четвертый купленный автомобиль будет приходиться электрокар. Однако многие инвестиционные фонды и частные инвесторы «заинтересовались» этим сегментом уже сейчас, что вызвало ажиотаж вокруг компаний, которые уже производят электромобили, такие как Tesla, Hyundai Motor и NIO; и вокруг компаний, которые только планируют выпускать их.

Основными сегментами, на которые необходимо ориентироваться, являются именно производители электромобилей, но также необходимо не упускать и возможность сотрудничества с производителями гибридных автомобилей.

Карта сегментирования рынка показана в таблице 1.

Таблица 4.2.1 – Карта сегментирования потребителей

	Вид товара	
	Plug-in Hybrid Electric Vehicles (“PHEVs”) - гибридные автомобили, оснащенные двигателем внутреннего сгорания и электродвигателем	Battery Electric Vehicles (“BEVs”) – автомобили, которые полностью работают на батарее
Потребители		
Автозаводы	+	+
Владельцы электромобилей	+	+

4.3. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2.

Для проведения данного анализа сравнение проводится между электромобилем, заряжающим АКБ на электрозаправке и электромобилем, снабженным системой ВИЭ, работающим от солнечных батарей.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i –го показателя.

Таблица 4.3.1. – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_Φ	B_{K1}	B_{K2}	K_Φ	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,05	2	1	1	0,1	0,05	0,05
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Надежность	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
4. Безопасность	0,1	4	2	2	0,4	0,2	0,2
5. Простота эксплуатации	0,1	4	1	1	0,1	0,1	0,1
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Уровень проникновения на рынок	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
2. Финансирование научной разработки	0,2	4	1	1	0,8	0,2	0,2
3. Наличие сертификации разработки	0,2	5	1	1	1	0,2	0,2
Итого	1	32	15	15	4,0	1,7	1,7

Итог данного анализа:

Уязвимость с позиции конкурентоспособности обусловлена тем, что ВИЭ не везде востребованы, так как не везде они целесообразны в использовании.

Конкурентное преимущество разработки обусловлено тем, что разработка является ресурсовозобновляемой и никак не влияет на окружающую среду. На

данный момент происходит совершенствование этой разработки, а именно повышение КПД.

Исходя из сказанного выше данная разработка, действительно, способна заинтересовать партнеров и инвесторов. Данная разработка является высоко конкурентной.

4.4. SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT–анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 4.4.1. – SWOT – анализ

	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
	С1. Независимость от внешних источников питания; С2. Бесперебойное электро-снабжение за счет заряда аккумуляторных батарей; С3. Простота эксплуатации; С4. Бесшумность работы электродвигателя; С5. Экологичность оборудования. С6. Снижение себестоимости и повышение КПД, вследствие развития технологий.	Сл1. Возможность разряда аккумуляторных батарей, что грозит полным отсутствием питания; Сл2. Заряд аккумулятора от солнечных батарей происходит только в солнечные часы; Сл3. Езда на стабильной скорости для оптимизации расхода энергии; Сл4. Недостаточный уровень предпринимательской компетенции; Сл5. Ограниченность в продолжительности движения как во времени, так и в дистанции.
Возможности (O):	Мероприятия (S–O)	Мероприятия (W–O)
В1. Освоение новой ветви в электроэнергетике России; В2. Отсутствие прямых конкурентов; В3. Отсутствие потребления топлива; В4. Возможность подзарядки аккумуляторов от сети перед выходом в путь; В5. Поддержка со стороны государства (возможность бюджетного финансирования или уменьшение налогообложения); В6. Применение пассажирских судов с ВИЭ совпадает с временем года, когда наблюдается наибольшая солнечная инсоляция.	1. Активная маркетинговая политика с акцентом на экологичность транспорта; 2. В связи с тем, что отсутствует потребление топлива, то после окупаемости оборудования, затраты на покупку топлива могут быть использованы для развития и модернизации оборудования; 3. Использовать автомобиль в рекламной кампании, как пример возобновляемой энергетики.	1. Разработка подробной стратегии продвижения на рынок с привлечением соответствующих специалистов; 2. Использование литиевых аккумуляторов с маленьким саморазрядом вместо свинцово-кислотных; 3. Средства, сэкономленные на покупку топлива можно потратить на увеличение емкости аккумулятора (возможно установки нескольких) и мощности солнечных модулей.

Угрозы (Т):	Мероприятия (S–Т)	Мероприятия (W–Т)
У1. Масса оборудования; У2. Возможность влияния влажности на сеть электропитания; У3. Зависимость использования оборудования от времени года и района (низкая эффективность в условиях малой солнечной инсоляции); У4. Невозможность движения при отсутствии солнца и разряженных аккумуляторах.	1. Уменьшение массогабаритов оборудования по мере развития технологий; 2. Организация промышленного производства модели с улучшенными техническими характеристиками; 3. Поддержание чистоты солнечных панелей даёт 15-20% прибавки в генерации солнечной электростанции.	1. Монтаж оборудования следует производить с использованием чехлов водозащиты; 2. Организация ремонта и сервисного обслуживания; 3. Не забывать проверять заряд аккумуляторов перед отправкой в путь, при необходимости зарядить от сети.

Вывод: данная технология имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей, а также возможность быстрого выхода на внешний рынок.

4.5. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Оценка степени готовности научной разработки к коммерциализации и выяснение уровня ее завершения. Для этого заполняется специальная форма, содержащая показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 4.5.1.

Таблица 4.5.1. – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно–технический задел	4	4
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно–технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	3

7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	3	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	1
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
ИТОГО БАЛЛОВ:		45	46

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i,$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_{\text{сум}}$ – балл по i –му показателю.

Перспективность выше среднего, следовательно, необходимо устранять имеющиеся пробелы, а именно: провести дополнительно оценку стоимости интеллектуальной собственности, лучше ознакомиться с рынками сбыта, проработать вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок, продумать вопрос финансирования разработки, а также состав команды для его реализации.

4.6. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно–технических разработок продавец, преследует вполне определенную цель, куда он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств, для продолжения

своих научных исследований и разработок, одноразовое получение финансовых ресурсов для каких-либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

Для данной разработки сложно найти достаточно средств, чтобы создать отдельно предприятие, кроме того нельзя забывать о рисках. Разумнее всего запатентовать данную технологию и использовать её на уже имеющихся автомобильно-строительных вервях.

Патент - охранный документ, удостоверяющий исключительное право, авторство и приоритет изобретения, полезной модели, промышленного образца либо селекционного достижения. Таким образом, есть два варианта, первый – получить патент на полезную модель, второй - оформить патент на изобретение. Получить патент на полезную модель проще. Заявка проходит только формальную экспертизу. Но зато, в соответствии с п.1 ст. 1363 ГК РФ, срок действия исключительного права на изобретение 20 лет, а на полезную модель 10 лет.

Для коммерциализации объекта исследования и обоснования его целесообразности, были проработаны следующие методы коммерциализации научной разработки:

- 1) Торговля патентными лицензиями;
- 2) Передача интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия.

Были выбраны два метода коммерциализации, поскольку они являются менее затратными и рискованными.

4.7. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Информацию по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.7.1.

Таблица 4.7.1. – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Автомобилестроительные предприятия, выпускающие электромобили	Разработанный проект системы электро-снабжения электромобиля от ВИЭ, который будет иметь коммерческий потенциал и шансы для привлечения внимания потенциальных партнеров и покупателей.
Владельцы электромобилей	Установка к имеющимся электромоторам дополнительно солнечные батареи, которые более экологичны и экономически выгодны.

В таблице 4.7.2. представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.7.2. – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Проект солнечной электростанции с накопителями электрической энергии, способной обеспечивать бесперебойное электроснабжение электромотора за счет преобразования энергии солнца.
Ожидаемые результаты проекта:	Построены графики выработки и потребления электрической энергии, разработана схема солнечной электростанции и выбрано основное оборудование в соответствии со схемой, исследованы динамические характеристики двигателя при работе от аккумуляторов и от СЭС в условиях разрядки аккумуляторов.
Критерии приемки результата проекта:	Представленные динамические характеристики двигателя должны удовлетворять заявленным требованиям по бесперебойному времени его работы.
Требования к результату проекта:	Требование:
	Экологичность системы электроснабжения;
	Автономная работа системы, которая почти не требует обслуживания;
	Бесперебойное обеспечение электроэнергией основного потребителя (электродвигателя);
	Окупаемость при замене топливных двигателей.

В таблице 4.7.3. представлена информация о рабочей группе, роли и функции каждого участника в трудовом проекте.

Таблица 4.7.3. – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо-затраты, календ/раб. дн.
1	Однокопылов Г.И. Профессор, д.т.н. ИШЭ ТПУ	Руководитель проекта	Выдает задание на дипломный проект, оказывает помощь в разработке календарного плана работы на весь период дипломного проектирования, рекомендует необходимую литературу, справочные материалы, типовые проекты и другие источники по теме проекта, проводит	33/24

			предусмотренные консультации, проверяет выполнение работы	
2	Лунёва А.В. исполнитель проекта, студент ИШЭ ТПУ	Исполнитель проекта	Сбор, обобщение и систематизация информации необходимой для разработки проектного предложения. Обзор разновидностей ВИЭ. Изучение систем возобновляемых источников энергии. Выбор приводного электродвигателя и электрооборудования электромобиля. Изучение систем возобновляемых источников энергии на основе имитационной модели в среде MATLAB. Написание дипломного проекта, оформление иллюстративного материала.	156/127
ИТОГО:				189/151

4.8. Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

План управления научным проектом должен включать в себя следующие элементы:

4.8.1 Иерархическая структура работа проекта

Детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. На рисунке 4.8.1.1. представлен шаблон иерархической структуры работ.



Рисунок 4.8.1.1. –Иерархическая структура работ по проекту

4.8.2 Контрольные события проекта

При организации проекта необходимо оптимально планировать сроки проведения работ. В таблице 4.8.2.1. определены ключевые события проекта их даты и результаты.

Таблица 4.8.2.1. – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Выбор направления исследований	20.10.2020	Отчёт

2	Разработка технического задания	16.01.2021	Бланк задания
3	Разработка календарного плана	20.01.2021	Календарный план-график
4	Теоретические исследования	25.02.2021	Литературный обзор
5	Практические исследования и разработки	20.04.2021	Графики, расчёты
6	Обобщение и оценка результатов	06.05.2021	Отчёт о результатах исследований
7	Оформление расчётно-пояснительной записки	20.05.2021	Расчётно-пояснительная записка

4.8.3 План проекта

Составление календарного плана-графика проекта включает в себя несколько аспектов. Должны спланировать сроки и длительности работ, определить их последовательность и взаимосвязи, подумать о необходимых ресурсах. В дальнейшем, когда проект перейдет на стадию исполнения, то есть практической реализации запланированных действий, именно по этому плану-графику мы отслеживаем ход выполнения работ. И, если что-то в проекте пойдет не так, можно, сверив с первоначальным планом проекта, внести соответствующие изменения [2]. Результатом планирования работ является календарный план, представленный в виде таблицы 4.8.3.1.

Таблица 4.8.3.1. – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
1	Составление и утверждение технического задания	2	16.01.21	17.01.21	Однокопылов Г.И.
2	Разработка календарного плана	2	18.01.21	19.01.21	Однокопылов Г.И. Лунёва А.В.
3	Подбор и изучение литературных и патентных источников	15	20.01.21	03.02.21	Лунёва А.В.
4	Постановка задач исследования	5	04.02.21	08.02.21	Однокопылов Г.И. Лунёва А.В.
5	Подготовка методической части	7	09.02.21	15.02.21	Лунёва А.В.
6	Технический расчёт	9	16.02.21	24.02.21	Лунёва А.В.
7	Выполнение математического моделирования в Matlab	28	25.02.21	25.03.21	Лунёва А.В.
8	Анализ режимов работы	15	26.03.21	09.04.21	Однокопылов Г.И. Лунёва А.В.

9	Выбор оборудования	10	10.04.21	19.04.21	Лунёва А.В.
10	Разработка технической документации	11	20.04.21	31.04.21	Лунёва А.В.
11	Оценка экономической эффективности исследуемой технологии	12	01.04.21	12.05.21	Лунёва А.В.
12	Рассмотрение вопросов социальной ответственности	6	13.05.21	18.05.21	Лунёва А.В.
13	Оформление пояснительной записки	7	19.05.21	25.05.21	Лунёва А.В..

Для предоставления календарного плана более наглядным образом, используем диаграмму Ганта (таблица 10). Диаграмма Ганта представляет собой тип столбчатых диаграмм (гистограмм), которые используются для иллюстрации графика или плана работ, для различных проектов. Данные диаграммы используются в качестве одного из методов, при планировании проектов.

График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта. Момент начала и завершения работы на диаграмме определяются концами полос, а протяженность характеризует длительность работы. Вертикальная ось отображает перечень поставленных задач. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой или цветом в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. На данной диаграмме цветами приведены Лунёва А.В. (зеленый), Однокопылов Г.И. (синий).

Также, на диаграмме Ганта можно выделить совокупные задачи, отметить проценты завершения, отметить метки ключевых моментов (вехи) и др. Веха представляет собой метку значимого момента в ходе выполнения работ, общую границу двух или более задач. Веха является важным понятием диаграммы Ганта и позволяет наглядным образом подчеркнуть нужду синхронизации в выполнении различных работ.

Таблица 4.8.3.2. – Календарный план–график проведения НИОКР по теме

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , календ. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				Январь			Февраль			Март			Апрель			Май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2															
2	Разработка календарного плана	Руководитель, Инженер	2 2															
3	Подбор и изучение литературных и патент-ных источников	Инженер	15															
4	Постановка задач исследования	Руководитель, Инженер	5 5															
5	Подготовка методической части	Инженер	7															
6	Технический расчёт	Инженер	9															
7	Выполнение математического моделирова-ния в Matlab	Инженер	28															
8	Анализ режимов работы	Руководитель, Инженер	15 15															
9	Выбор оборудования	Инженер	10															
10	Разработка технической документации	Инженер	11															
11	Оценка экономической эффективности ис-следуемой технологии	Инженер	12															
12	Рассмотрение вопросов социальной ответ-ственности	Инженер	6															
13	Оформление пояснительной записки	Инженер	7															

4.9. Бюджет научного исследования

При составлении бюджета затрат на разработку проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям [3]:

- материальные затраты проекта;
- амортизация;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

4.9.1 Определение стоимости материальных затрат

Расчет стоимости материальных затрат включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 % от его цены. Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для выполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 4.9.1.1..

Таблица 4.9.1.1. – Затраты на комплектующие для создания системы электропитания от ВИЭ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Солнечный модуль ФСМ-400М	4	15 490	61 960
2.	Инвертор СибКонтакт ИС1-24-4000P DC-AC	2	51 350	102 700
3	Батарея EnergoElement 24,6 кВтч	1	449 990	449 990
4	Электромотор PMSM 88kW	1	536 600	536 600

5	Кабель КГСНРТЭ 1х25, 20 м	1	5 320	5 320
ИТОГО:				1 156 570

Рассчитаем расходы, связанные с заготовкой и доставкой материальных ценностей:

$$З_M = M \cdot \gamma = 1156570 \cdot 1,15 = 1\,330\,055,5 \text{ руб.}$$

где M – материальные затраты;

γ коэффициент ТЗР, равный 15%.

1330055,5

4.9.2 Амортизация

Так как для работы над магистерской диссертацией используется компьютерная техника, посчитаем её амортизацию.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}},$$

где $T_{исп.кт}$ – время использования компьютерной техники (127 дней);

$T_{кал}$ – календарное время (365 дней);

$C_{кт}$ – цена компьютерной техники (60 000 руб.);

$T_{сл}$ – срок службы компьютерной техники (5 лет).

$$K_{ам} = \frac{127}{365} \cdot 60000 \cdot \frac{1}{5} = 4175 \text{ руб.}$$

Расчет амортизационных отчислений, на полное восстановление основных средств, производится по нормативам амортизации, утвержденном в установленном действующим законодательством порядке, и определенным в зависимости от балансовой стоимости оборудования. Амортизация рассчитывается для оборудования свыше 100 тыс. руб. При проектировании используем ПК, стоимость которого составляет 60 тыс. руб. и следовательно амортизацию в бюджете затрат можно не учитывать.

4.9.3 Полная заработная плата исполнителей

Включается основная и дополнительная заработная плата всех исполнителей, непосредственно участвующих в выполнении данной работы. Величина

расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$З_{ЗП} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12–15 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) исполнителя рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot F_{дн},$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

$F_{дн}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{окл} + З_{р.к.}}{F_{д}},$$

где $F_{дн}$ – количество рабочих дней в месяце (26 при 6 – дневной рабочей неделе, 22 при 5 – дневной рабочей неделе), раб. дн.

$З_{окл}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$З_{р.к.}$ – районная доплата, руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 4.9.3.1..

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 4.9.3.2..

Таблица 4.9.3.1. – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районная доплата, руб.	Месячная зарплата, руб.	Среднедневная заработная плата, руб.	Кол-во, раб. дн.	Основная заработная плата руб.
Руководитель	50 615	1,3	65 799,5	2 990,9	24	71 781,6
Инженер	21 611	1,3	28 094,3	1 277	127	162 179
ИТОГО:						233 960,6

Таблица 4.9.3.2. – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэф. до- платы	Основная зарабо- тая плата руб.	Дополнительная за- работная плата руб.	Полной зарабо- тая плата, руб.
Инженер	0,15	71 781,6	10 767,2	82 548,8
Работник	0,15	162 179	24 326,9	186 505,9
ИТОГО:			35 094,1	269054,7

4.9.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{ЗП},$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 28.11.2018 №446 – ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З_{ЗП} = 30,2\% \cdot 269054,7 = 81254,5 \text{ руб.}$$

4.9.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

$$З_{накл} = k_{нр} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$З_{накл} = (233960,6 + 35094,1) \cdot 0,16 = 43048,8 \text{ руб.}$$

4.9.6 Формирование сметы проекта

Для формирования бюджета затрат проекта опираемся на рассчитанную величину затрат проекта. При составлении договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку необходимой продукции.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НТИ, которая сведена в таблицу 4.9.6.1.

Таблица 4.9.6.1.– Бюджет затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.	В % к итогу
Материальные затраты НТИ	1 330 055,5	77,09
Амортизация оборудования	4 175,0	0,24
Затраты по основной заработной плате	233 960,6	13,56
Затраты по дополнительной заработной плате	35 094,1	2,03
Отчисления во внебюджетные фонды	81 254,5	4,71
Оплата услуг сторонних организаций (интернет)	2 363	0,12
Накладные расходы	43 048,8	2,49
Бюджет затрат ТП	1 725 776,5	100

4.10. Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где I_{ϕ}^p – интегральный показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i – го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно – исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем стоимость создания аналога, а именно электромобиля, без солнечных батарей, у которого заряд аккумуляторов производится от зарядной станции. Все расчеты по приобретению оборудования для выполнения данной темы, сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Затраты на комплектующие для создания системы электропитания бензинового двигателя.

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Инвертор СибКонтакт ИС1-24-4000P DC-AC	2	51 350	102 700
2.	Батарея EnergoElement 24,6 кВтч	1	449 990	449 990
3.	Электромотор PMSM 88kW	1	536 600	536 600
ИТОГО:				1 089 290

Рассчитаем расходы, связанные с заготовкой и доставкой материальных ценностей:

$$З_M = M \cdot \gamma = 1\,089\,290 \cdot 1,15 = 1\,252\,683,5 \text{ руб.}$$

Стоимость варианта исполнения аналога, заряжающимся на электроснабжении, составляет 1 252 683,5 рублей. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 1 624 162, 79 рублей, включая бюджет затрат НТИ.

Нужно теперь учесть, что система питания от ВИЭ является автономной и не требует топлива, а электромобиль расходует 11,95 кВтч энергии на 100 км пути. Срок службы оборудования составляет 20-25 лет, посчитаем экономию и срок окупаемости при неизменных ценах на энергию. Мы используем электромобиль с ВИЭ круглый год. За сутки автомобиль с ВИЭ будет проходить 120 км. Число в году дней 365.

Суммарный путь, который пройдёт автомобиль, будет равно:

$$120 \cdot 365 = 43800 \text{ км}$$

Суммарный объём энергии, который будет израсходован за год составит:

$$\frac{43800 \cdot 11,95}{100} = 5234,1 \text{ кВт}$$

Стоимость электроэнергии на электрозаправке составляет от 12 руб/кВт.

Расходы на топливо за год равны:

$$5234,1 \cdot 12 = 62809,2 \text{ руб.}$$

Посчитаем окупаемость системы питания от ВИЭ:

$$\frac{1725776,5 - 1252683,5}{62809,2} = 7 \text{ лет } 6 \text{ мес}$$

Посчитаем затраты на энергию в течении (без учета удорожания стоимости) всего срока эксплуатации (20 лет) электродвигателя и сложим с затратами на разработку его системы питания:

$$62809,2 \cdot 20 + 1725776,5 = 2\,981\,960,5 \text{ руб.}$$

Стоимость комплектующих варианта исполнения текущей разработки равна 1 089 290 руб. Итоговая стоимость данного варианта исполнения составляет 2 981 960,5 руб., включая бюджет затрат НТИ, и эта сумма будет составлять все расходы на систему питания двигателя от ВИЭ за весь период эксплуатации (не считая ремонтов).

Стоимость варианта исполнения аналога, заряжающим АКБ на электрозаправке за весь период эксплуатации (не считая ремонтов) составит 2 981 960,5 руб.

$$\Phi p1 = 1\,089\,290 + 371\,479,29 = 1\,460\,769,29 \text{ руб.},$$

$$\Phi p2 = 1\,252\,683,5 + 371\,479,29 + 62809,2 \cdot 20 = 2\,880\,346,79 \text{ руб.},$$

$$I_{\phi 1}^p = \frac{\Phi p1}{\Phi_{\max}} = \frac{1460769,29}{2880346,79} = 0,51,$$

$$I_{\phi 2}^p = \frac{\Phi p2}{\Phi_{\max}} = \frac{2880346,79}{2880346,79} = 1.$$

Следовательно, исходя из этого, можно сделать вывод, что интегральный показатель разработки текущего проекта показывает удешевление стоимости разработки в 0,51 раз (около 45%), а интегральный показатель разработки аналога равен 1.

Ресурсоэффективность проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – банальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Для определения ресурсоэффективности проекта рекомендуется рассмотреть следующие критерии, см. таблицу 16:

1. Удобство в эксплуатации;
2. Надежность;
3. Безопасность;
4. Экономичность;
5. Гибкость.

Таблица 16 – Критерии ресурсоэффективности и их характеристики

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки	Балльная оценка аналога
1. Удобство в эксплуатации	0,2	5	4
2. Надежность	0,25	5	5
3. Безопасность	0,15	5	4
4. Экономичность	0,15	5	4
5. Материалоёмкость	0,25	4	4
Итого:	1,00	4,8	4,2

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр1}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф1}^p} = \frac{4,8}{0,55} = 8,73,$$

$$I_{финр2}^p = \frac{I_m^p}{I_{ф2}^p} = \frac{4,2}{1} = 4,2,$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}cp_1 = \frac{I_{финр1}^p}{I_{финр2}^a} = \frac{8,73}{4,2} = 2,08,$$

где $\mathcal{E}cp$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{финр}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{финр}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Отразим сравнительную эффективность разработки в таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,55	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	8,73	4,2
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,48

Выводы по главе 4: В результате сравнения и оценки критериев систем электроснабжения электромобиля, выбрана разрабатываемая система питания от ВИЭ, т.к. она обладает оптимальными техническими показателями при выгодной стоимости проекта. Были составлены графики проведения НТИ, определено количество работников, рассчитаны затраты. На проведение работ затрачено 1 725 776,5руб., на приобретение оборудования 1330055,5 руб. Работы были проведены за 127 рабочих дней бригадой из двух человек. На основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования, а также по итогам сравнения финансовой и ресурсной эффективности наиболее эффективной получается наша разработка. Однако, детальная оценка экономической эффективности, выходит за пределы данного исследования и нуждается в дальнейшей проработке.

5. Социальная ответственность

В данной магистерской диссертации объектом проектирования является фотоэлектростанция (ФЭС), которая обеспечивает бесперебойное электроснабжение электродвигателя от возобновляемого источника энергии. Принято считать, что генерация электроэнергии посредством энергоустановок, основанных на возобновляемых источниках, является в полной мере экологически безопасной. Однако, подобного рода источники электроэнергии характеризуются принципиально иной сферой влияния на окружающую среду относительно традиционных энергоисточников на минеральном органическом топливе. В разделе социальная ответственность будет рассмотрено влияние ФЭС как на человека, так и на окружающую среду.

5.1.Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1.Правовые нормы трудового законодательства

Работники, принимаемые для выполнения работ в электроустановках, должны иметь профессиональную подготовку, соответствующую характеру работы. При отсутствии профессиональной подготовки такие работники должны быть обучены (до допуска к самостоятельной работе) в специализированных центрах подготовки персонала (учебных комбинатах, учебно-тренировочных центрах и т.п.).

По правовым мерам безопасности при строительстве фотоэлектростанции, должны быть утверждены и выполняться следующие нормативно-правовые акты:

1. Межотраслевые правила по охране труда и межотраслевые типовые инструкции (Минтруд России);
2. Отраслевые правила по охране труда, типовые инструкции (Федеральные органы исполнительной власти);
3. Правила безопасности, правила устройства и безопасной эксплуатации, инструкции по безопасности (Ростехнадзор);
4. Государственные стандарты системы стандартов безопасности труда (Госстандарт России);
5. Строительные нормы и правила, своды правил по проектированию и строительству (Госстрой России);
6. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, гигиенические нормативы, санитарные правила и нормы, санитарные нормы (Минздрав России).

Персонал, принимающийся на работу фотоэлектростанции, должен:

- Достичь 18-летнего возраста.
- Пройти медицинский осмотр, и в соответствующие сроки, повторно его проходить;
- Иметь заключение медицинской комиссии, о годности к работе на фотоэлектростанции.

Работники, имеющие дополнительные профессии, обязаны иметь удостоверение по данной профессии для выполнения специальных работ, а также должны предоставить их работодателю. К таким профессиям относятся:

- Огневые и газоопасные;
- С электроинструментами;

Работодатель обязан обеспечить своих работников средствами индивидуальной защиты в установленные сроки, заменить пришедшие СИЗ в негодность, соблюдать сроки периодических испытаний и проверки исправности технических СИЗ, осуществлять контроль за правильным использованием СИЗ. В случае неприменения, неправильного применения и использования не по назначению средств защиты, выданных персоналу для выполнения определенной работы, ответственность за последствия (возникновение несчастного случая или ухудшения здоровья) несет работник, виновный в их неприменении, неправильном применении или нецелевом использовании.

Так как на фотоэлектростанции имеются вредные (опасные) условия труда, то работники имеют следующие права:

- Сокращенную по продолжительности рабочую смену (статья 92 ТК РФ);
- Ежегодные дополнительные оплачиваемые отпуска (статьи 116, 117 ТК РФ);
- Повышенную оплату труда (статья 147 ТК РФ);
- Получение молока или других равноценных пищевых продуктов или компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов (при соблюдении определенных условий), а также лечебно-профилактического питания (статья 222 ТК РФ).

5.1.2. Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Солнечные модули необходимо устанавливать на открытые пространства легкодоступные для попадания солнечного света. Солнечные модули номинальной мощностью 270 Вт необходимо установить на крышу электромобиля.

Така как аккумуляторные батареи не выделяют токсичных паров то их можно разместить внутри электромобиля. Аккумуляторные батареи будут размещены в багажном отделении.

Эксплуатация аккумуляторов

Эксплуатация аккумуляторов должна производиться в соответствии с технической документацией по эксплуатации, в которой должны быть предусмотрены режимы подзаряда и заряда-разряда на аккумулятор конкретного типа, и требованиями настоящего стандарта. При эксплуатации допускается применение аккумуляторов экспортного исполнения. Аккумуляторы должны монтироваться на месте эксплуатации в соответствии с конструкторской и технической документациями на аккумулятор конкретного типа и инструкцией монтажных предприятий. При проведении работ по сборке и монтажу аккумуляторы должны выдерживать воздействие ударов с ускорением 1,5 g при длительности удара 2-20 мс[1].

5.2.Производственная безопасность

На рабочих в процессе их деятельности могут воздействовать опасные и вредные производственные факторы. Для их определения воспользуемся [2]. Перечень опасных и вредных факторов приведен в таблице 5.2.1..

Таблица 5.2.1 – Перечень опасных и вредных факторов при проектировании системы электроснабжения [2]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96
2. Превышение уровня шума		+		СП 51.133302011
3.Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещённость рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016
4. Повышенный уровень вибрации	+	+	+	СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96.
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
6.Зрительное напряжение	+	+	+	СП 2.2.3670-20
7.Нервно-психические перегрузки	+	+	+	СП 2.2.3670-20
8.Термические опасности	+	+	+	ГОСТ 12.1.009-2017
9.Короткое замыкание		+	+	ГОСТ 26522–85 ГОСТ 28249–93
10.Статическое электричество		+	+	ГОСТ ИЕС 61340–5–1–2019
11. Укусы животных и насекомых			+	ГОСТ Р 56994-2016

5.2.1 Анализ опасных, вредных факторов и мероприятия по снижению уровней воздействия

5.2.1.1 Микроклимат рабочей зоны

Конструкция электромобиля включает в себя большое количество оборудования, которое обладают химическими или термическими характеристиками. Например, аккумуляторные батареи, контроллер заряда, инвертор, солнечные панели. Поэтому, согласно ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» должны быть соблюдены нормы, для здоровья человека, которые представлены в таблице 5.2.1.1.1. [3].

Таблица 5.2.1.1.1. – Оптимальные нормы температуры, влажности и скорости движения воздуха на рабочем месте

Время года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, не более 3 м/с
Холодный	Па	19 - 21	60 – 40	0.2
Тёплый	Па	20 - 22	60 - 40	0.2

Согласно СанПин 2.2.548-96, «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» фотоэлектростанция на корпусе электромобиля относится к категории Па, где интенсивность энерготрат равна 220 ккал/ч [4].

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используются защитные мероприятия:

- вентиляция салона;
- применение одежды;

Так как электромобиль применяется для поездок в тёплую, солнечную погоду, то микроклиматические условия находятся в допустимых пределах температуры 20-22 С°.

5.2.1.2 Шум и вибрация

При работе солнечных электростанций почти отсутствует шум и вибрация так как генерация электрической энергии происходит за счет (р-п перехода). Источником шума в данной системе будет являться система охлаждения инвертора (устройство для преобразования постоянного тока в переменный). Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» эквивалентный уровень звука не должен превышать 50 дБА [6]. Уровень акустического шума выбранного инвертора составляет 30дБА. В случае установки солнечных панелей для генераций электрической энергии нет необходимости дополнительных сооружений для подавления шума.

Физические вибрации характеризуются частотой (Гц, 1/с), амплитудой виброперемещения (м), виброскоростью и виброускорением. Согласно Сан-ПиН 2.2.4/2.1.8.566–96 предельно допустимые значения вибраций на рабочих местах приведены в таблице 5.2.1.2 1. [7].

Таблица 5.2.1.2 1. – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест

Вид вибрации: Технологическая	Среднегеометрические частоты, Гц					
	2	4	8	16	32,5	63
Предельно допустимые значения виброскорости, дБ	108	99	93	92	92	92
Предельно допустимые значения виброускорения, дБ	103	100	100	106	112	110

Также нужно помнить, что все винты и валы в конструкции электромо-
биля не сбалансированы на 100%. Часто просто снятие винта с вала, поворот
его на 180 градусов и установка на место позволяют уменьшить или полно-
стью исключить вибрацию до предельно допустимой. Если это не помогает,
то следует обратиться в сервисный центр для получения помощи.

5.2.1.3 Освещение

В салоне автомобиля должно присутствовать искусственное и есте-
ственное освещение, для улучшения работоспособности и сохранения здоро-
вья пользователя электромобиля. Для этого устанавливают нормативные
уровни освещенности, которые описаны в документе СП 52.13330.2016,
уровни представлены в таблице 5.2.1.3.1 [8].

Таблица 5.2.1.3.1 – Уровни освещённости рабочей зоны

Место, площадка	Плоскость, в которой нормируется освещённость	Освещённость рабочей поверхности, лм
Изолированный салон	горизонтальная	450-500

Для автомобилей требуемые коэффициенты естественной освещённости должны быть не менее 1% при боковом освещении и 3% при верхнем и комбинированном.

Произведём расчёт освещения изолированной кабины электромобиля.

Корпус электромобиля, рассматриваемого в данной работе, имеет следующие параметры: длина $A = 1,4$ м, ширина $B = 2,54$ м, высота $H = 2$ м. Высота рабочей поверхности $h_{pn} = 0,8$ м. Коэффициент отражения стен $R_c = 30$ %, потолка $R_n = 50$ %. Коэффициент запаса $k = 1$, коэффициент неравномерности $Z = 1,1$.

Приняв высоту свеса светильников $h_c = 0,1$ м, определяем расчетную высоту:

$$h = H - h_c - h_{pn} = 2 - 0,1 - 0,8 = 1,1 \text{ м}$$

Находим индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{1,4 \cdot 2,54}{1,1 \cdot (1,4 + 2,54)} = 0,82$$

Выбираем светодиодную лампу F-27s50f31, её мощность равна $P = 4,5$ Вт, световой поток $\Phi_{\text{л}} = 540$ Лм. Коэффициент использования светового потока для данного типа ламп: $\eta = 0,6$.

Принимаем E_n – минимальный уровень освещённости, равным 450 Лм. Определяем потребный световой поток ламп:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot Z}{\eta} = \frac{450 \cdot 1,4 \cdot 2,54 \cdot 1 \cdot 1,1}{0,6} = 2933,7 \text{ Лм}$$

Определяем количество ламп:

$$n_{\text{л}} = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}} = \frac{2933,7}{540} = 5,4$$

Для равномерного освещения разместим 6 ламп, схема показана на рисунке 2.1.3.1

Определяем электрическую мощность осветительной установки:

$$P = 6 \cdot 4,5 = 27 \text{ Вт}$$

Расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$A / 6 = 1,4 / 6 = 0,23 \text{ м}; \quad B / 6 = 2,54 / 6 = 0,42 \text{ м}$$

Расстояние между светильниками:

$$2 \cdot A / 6 = 2 \cdot 1,4 / 6 = 0,47 \text{ м}; \quad 2 \cdot B / 6 = 2 \cdot 2,54 / 6 = 0,85 \text{ м}$$

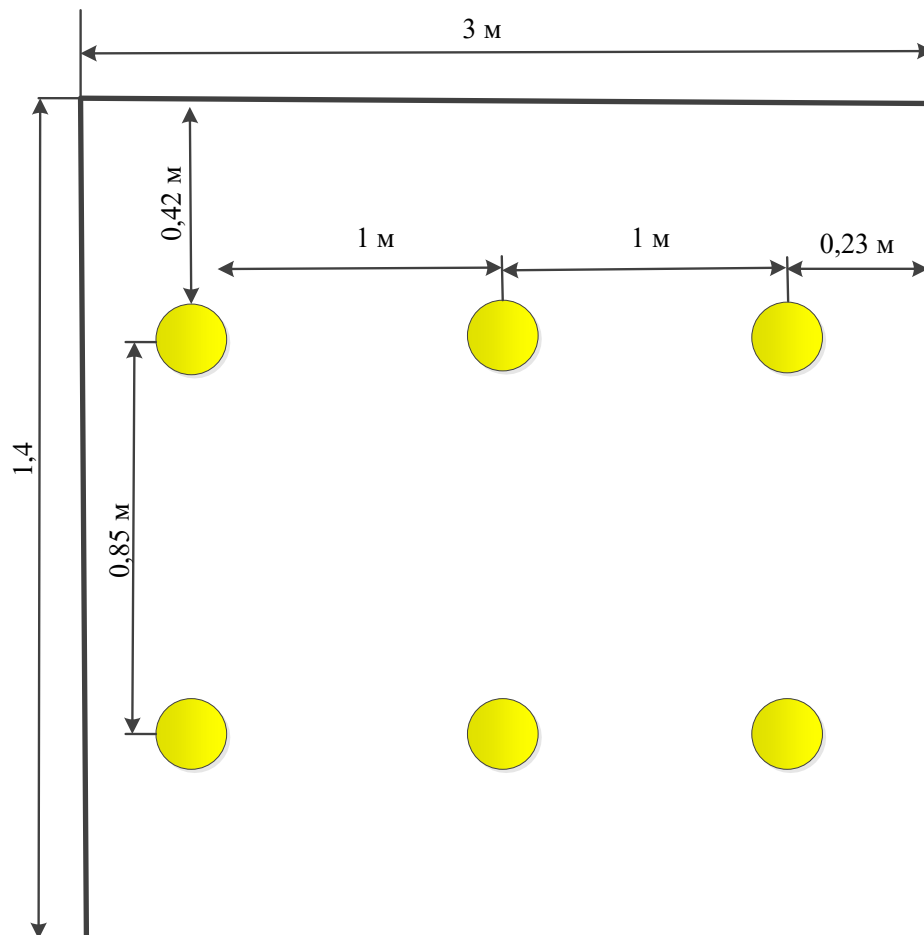


Рисунок 5.2.1.3.1 – План размещения светодиодных ламп в салоне электро-мобиля

Согласно проведенным измерениям, уровень естественного и искусственного освещения в допустимых пределах 450 – 500 лм.

5.2.1.4 Электромагнитное поле и статическое электричество

Электрооборудование является источником электростатического и электромагнитного поля. Когда персонал, находится в электромагнитном поле, у них на теле возникают высокочастотные токи с образованием теплового эффекта. При правильной организации рабочего места, при наличии заземления негативное влияние полей на организм человека можно исключить.

В документе ГОСТ 12.1.009-2017 установлены допустимые уровни напряженности периодического магнитного поля 50 Гц общего (на все тело) и локального (на конечности) воздействия на обслуживающий персонал на производстве электроэнергии, данные по допустимому времени пребыванию в магнитном поле представлены в таблице 5.2.1.4.1. [9].

Таблица 5.2.1.4.1. – Допустимое время пребывания в МП

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, Н [А/м] / В [мкТл] при воздействии	
	общем	локальном
<1	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

При выполнении ремонтных работ оборудования, входящего в состав электроавтомобиля, в целях защиты от статического электричества, необходимо: правильно выполнить заземляющий контур, держать влажность на требуемом уровне, использовать антистатические коврики под рабочим местом и использовать антистатический браслет.

Для защиты пользователя электроавтомобиля от воздействия ЭМП уменьшают напряженность и плотность потока энергии ЭМП; экранируют рабочие места; рационально размещают оборудование, излучающее электромагнитную энергию.

5.2.1.5 Электрический ток, короткое замыкание

Электрический ток является опасным для здоровья и жизни человека непосредственно при контакте человека с токопроводящей поверхностью.

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений, указанных в таблице 5.2.1.5.1. [10].

Таблица 5.2.1.5.1. – допустимые значения напряжения и токов прикосновения

Род тока	U, В	I, мА
		не более
Переменный, 50 Гц	2	0,3
<i>Примечания: 1 Напряжения прикосновения и токи приведены при продолжительности воздействий не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. 2 Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°C) и влажности (относительная влажность более 75%), должны быть уменьшены в три раза.</i>		

При разработке защиты персонала от поражения электрическим током необходимо, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ), рассмотреть следующие пункты:

- Категория помещения по степени опасности поражения электрическим током;
- Требования к электрооборудованию;
- Мероприятия по устранению обнаруженных несоответствий;
- Обоснование мероприятий и средств защиты, работающих против поражения электрическим током.

Согласно ПУЭ, меры защиты от поражения электрическим током должны быть предусмотрены в электроустановке или ее части либо применены к отдельным электроприемникам и могут быть реализованы при изготовлении электрооборудования, либо в процессе монтажа электроустановки, либо в обоих случаях.

Обязательными мерами защиты является проведение инструктажей по технике безопасности, плановые осмотры оборудования, наличие предупреждающих вывесок.

Применение двух и более мер защиты в электроустановке не должно оказывать взаимного влияния, снижающего эффективность каждой из них.

5.2.1.6 Зрительное напряжение и нервно-психические перегрузки

Зрительное и умственное перенапряжение возможно в результате длительной умственной работы в условиях нерациональной ее организации. При этом нарастает напряжение, нарушается равновесие нервных процессов, что проявляется в форме неврозов, функциональных расстройств.

При симптомах психического перенапряжения необходимо:

- дать нервной системе расслабиться;
- рационально чередовать периоды отдыха и работы с помощью регламентированных перерывов;
- ложиться спать в одно и то же время;
- в тяжелых случаях обратиться к врачу.

Трудовой кодекс говорит о следующих перерывах в работе в течение рабочего дня:

- перерыв для отдыха и питания (так называемый обеденный перерыв) (ст. 108 ТК РФ);
- специальные перерывы, обусловленные технологией и организацией производства и труда (ст. 109 ТК РФ).

Перерыв делается раз в час на 10–15 мин, что соответствует нормам.

5.2.1.7 Укусы насекомых и животных

Меры специфической профилактики клещевого энцефалита включают в себя профилактические прививки против клещевого энцефалита. В случае укуса клеща необходимо провести серопротекцию (непривитым лицам, обратившимся в связи с присасыванием клеща). Для защиты от

клещей используют акарицидные средства, имеющие в этикетке и других документах указание на их применение для обработки одежды с целью защиты от иксодовых клещей. В качестве действующих веществ в состав этих акарицидных средств входят наиболее эффективные пиретроиды, содержащие циан-группу.

В природных биотопах наиболее часто на людей нападают летающие кровососущие насекомые (комары, мокрецы, мошки, слепни, мухи и москиты). Существует два основных способа защиты от их нападения и укусов: защитная одежда и применение репеллентных средств.

Защитная одежда. Защитный эффект в данном случае достигается механически. Ткань одежды должна быть достаточно плотной либо иметь особое плетение нитей, не допускающее проникновение ротовых частей насекомого к поверхности тела человека. Разработан вариант защиты с помощью двух рубашек: нижняя из крупноячеистого достаточно объемного трикотажного полотна (хлопчатобумажная пряжа), верхняя - из тонкого и прочного мелкоячеистого трикотажного полотна. В данном случае реализуется известный принцип механического способа защиты человека от гнуса - создание между поверхностью одежды и телом человека пространства, превосходящего по глубине длину хоботка нападающих кровососов. Защиту головы следует осуществлять, используя головной убор типа "Накомарник" из мелкоячеистого трикотажного полотна, закрывающего лицо. Открытые части тела человека можно защищать с помощью репеллентов.

Репеллентные средства. В качестве действующих веществ в репеллентных средствах используют вещества, зарегистрированные в Российской Федерации для этих целей. Правила использования прописаны в инструкции по применению.

5.2.1.8 Термические опасности

Термические опасности могут возникать в результате пробоя изоляции или неисправности оборудования и как следствия воздействия на организм электрического тока, или в результате воздействия электромагнитных полей,

которые были подробно рассмотрены выше. Превентивными мерами по предотвращению воздействия данного фактора являются:

- изолирование токоведущих частей, исключаящее возможное соприкосновение с ними;
- проведение регулярных осмотров оборудования и в случае обнаружения неисправности или пробоя изоляции - устранение неполадок;
- рекомендуется применять дополнительные средства защиты в виде термостойких комплектов одежды при выполнении ремонтных работ.

При выполнении ремонтных работ запрещается прикасаться к частям электроснабжения электроавтомобиля. Необходимо снять остаточное напряжение с металлоконструкции и дождаться полного остужения металлических частей оборудования.

Пожаровзрывоопасности будут рассмотрены подробно в 4 пункте.

5.3. Экологическая безопасность при проектировании системы электроснабжения солнечных батарей

Анализ воздействия объекта на атмосферу, литосферу

На самом деле, создание фотоэлектростанции не является экологически чистым, как это выглядит. Фотоэлектростанция имеет несколько причин, по которым можно сделать вывод, что она загрязняет окружающую среду, но по сравнению с топливными двигателями, СЭС является более экологичной.

Во-первых, при работе аккумуляторных батарей, предназначенных для накопления заряда, образуются выбросы свинца и раствора серной кислоты.

Во-вторых, утилизация значительных объёмов отслуживших солнечных модулей, приводит к увеличению риска для здоровья людей в данной местности. А также это пагубно для флоры и фауны. Утечка химических реагентов из утилизируемых модулей дает вероятность заражению местной почвы и поверхностных вод.

Решение по обеспечению экологической безопасности

При окончании срока службы фотоэлектростанции ее составляющие будет необходимо утилизировать. Как и любой другой продукт, солнечные панели могут подвергаться переработке. ЕС является пока единственным регионом, который принял четкую нормативную базу, поддерживающую переработку фотоэлектрических модулей. В России с точки зрения регулирования отходы фотоэлектрической панели все еще подпадают под общую классификацию отходов. Следовательно, до принятия новых правовых актов при необходимости утилизации солнечных модулей, необходимо следовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692–2009 Ресурсосбережение: мусор после предварительной сортировки складировать в специальные контейнеры для бытового мусора (затем специализированные службы вывозят мусор на городскую свалку) [11].

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях Перечень ЧС

Согласно ГОСТ Р 22.3.03-94 разработаны меры предосторожности и эвакуации персонала с фотоэлектростанции [12]. Возникновение ЧС на фотоэлектростанции возможно по проявлению природных явлений, таких как: землетрясение, снегопады, ливни. Но помимо ЧС природного характера, на фотоэлектростанции возможны проявления ЧС техногенного характера. Причины аварий могут быть разнообразными. Большинство происходящих аварий, связаны с ошибочными и халатными действиями персонала, т.е. неправильного управления оборудованием. ЧС может произойти из-за коротких замыканий в сети электростанции, которая приведёт к долговременному перерыву электропитания двигателя и других электроприёмников. Немаловажным вопросом в ЧС имеет место заземление, его отсутствие может привести к тотальному поражению всего персонала.

5.5. Выбор наиболее типичной ЧС

Причинами пожара могут служить короткое замыкание при работе электрооборудования, вследствие перегрузки элементов электронных схем и токоведущих частей, или проводки освещения. Дополнительная пожарная опасность возникает при профилактических и ремонтных работах электронной техники, использованием различных смазочных веществ и легковоспламеняющихся жидкостей. Все это требует принятия мер обеспечения пожарной безопасности.

Поэтому, пожарная и взрывная опасность - наиболее вероятная чрезвычайная ситуация.

5.6. Разработка мер по предупреждению ЧС

Предотвратить возникновение ЧС можно с помощью мероприятий:

- организационные мероприятия, которые предусматривают правильное содержание электрооборудования, противопожарный инструктаж пользователя;

- технические мероприятия - соблюдение противопожарных правил, норм при устройстве электропроводов и оборудования, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования, размещение в багажном отделении средства пожаротушения, основным из которых является огнетушитель;
- мероприятия режимного характера — это запрещение курения в салоне электромобиля и использования открытого огня;
- эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, ремонты и испытания оборудования.

Все конструкции, влияющие на пожарную безопасность, должны строго соответствовать существующим общегосударственным правилам.

5.7. Разработка действий по ликвидации данной ЧС

Если пожар в электромобиле всё-таки возник, то первое что нужно сделать, это оценить его масштаб, условия развития пожара и объём горючих веществ. Если есть риск для жизни и здоровья людей, то следует немедленно приступить к их эвакуации из опасных зон. Это первоочередная задача, которая выполняется при малейшей возможности. При их эвакуации основная часть средств пожаротушения должна находиться на предполагаемых путях прохождения людей. Если автомобиль на ходу, то нужно остановить его движение, а в случае необходимости развернуть так, чтобы пламя и дым сбивались ветром за корпус. Если масштаб возгорания позволяет устранить его, то необходимо действовать по следующему плану. Первое нужно локализовать пожар, далее предупредить возможность взрыва и затем ликвидировать пожар. Учитывая размеры конструкции, а также тот факт, что в салоне находятся пассажиры, то возможность неожиданного масштабного пожара практически исключена, соответственно останавливаться или вызывать службу спасения смысла нет. Возгорание получится потушить своими силами. Если предположить, что как-то возник крупный пожар и его нельзя потушить, то в данном случае придётся просто покинуть автомобиль и удалиться на безопасное расстояние.

Основными видами пожаротушения являются огнетушители. Оборудовать помещение воздушно-пенными огнетушителями нельзя, поэтому для ликвидации применяются огнетушители, представленные в таблице 5.7.1. [14]. Стоит заблаговременно предусмотреть защиту органов дыхания.

Таблица 5.7.1.– Безопасное расстояние тушения пожара

Напряжение, кВ	Безопасное расстояние	Огнетушители
До 0,38	Не менее 1 метра	Хладоновые
До 1	Не менее 1 метра	Порошковые

Выводы по главе 5: Объектом исследования данного раздела являлась оценка условий труда, анализ вредных и опасных факторов, разработка мер защиты от них, также рассмотрение вопросов техники безопасности, пожарной профилактики и охраны окружающей среды при эксплуатации пользователем электромобиля, а также обслуживающего проектируемую систему электроснабжения на электромобиле. Наиболее вероятными чрезвычайными ситуациями при работе электромобиля могут быть пожар или взрыв. Так же опасным фактором является поражение электрическим током. Пользователь, обслуживающий части электроустановки и оборудование, работает в условиях возможного воздействия ряда неблагоприятных для здоровья факторов. В связи с этим, обязательным является соблюдение санитарных норм. Поэтому «Социальная ответственность» и ее внедрение очень важно, в данной работе это было отражено. По результатам проделанной работы можно сделать вывод, что конструкция электромобиля соответствует нормативно-технической документации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты выполненного исследования заключаются в следующем: исследован солнечный потенциал на территории Томской области. Если на северо-востоке продолжительность солнечного сияния за год составляет 1743 часа, то на юго-западе – 1958 часов. Такой относительно небольшой разброс значений между севером и югом области в годовом выражении объясняется как существенным увеличением продолжительности светового дня на севере, так и особенностью формирования облачности в зимний и летний периоды. Средняя продолжительность солнечного сияния увеличивается от зимы к лету и в июле она наибольшая. Резкое возрастание числа часов с солнечным сиянием наблюдается в период от января к марту, что связано с увеличением продолжительности дня и с уменьшением повторяемости пасмурного состояния неба по общей облачности. Большое значение для практических задач имеет оценка непрерывной продолжительности солнечного сияния 6 и более часов в сутки. Используя все указанные характеристики, были получены прикладные индикаторы ресурсов солнечной энергии.

На основании анализа оборудования и погодных условий для решения поставленной задачи электроснабжения электромотора, целесообразно использовать следующую структурную схему и элементы системы автономного электроснабжения:

1. Солнечный модуль;
2. Контроллер питания;
3. Аккумуляторные батареи;
4. Инвертор;
5. Индикатор заряда аккумулятора;
6. Электродвигатель.

Был рассмотрен конкретный пример установки солнечных моделей на автомобиль Nissan Cube. Габариты данной модели позволяют установку гибкой солнечной панели на крыше автомобиля и еще одной солнечной панели на капоте.

За время работы двигателя были взяты 2 часа в сутки, из чего получается, что потребление по месяцам отличается только количеством дней в них. Балансы электроэнергии включают энергию генерируемую фотоэлектростанцией и потребленную проектируемым объектом.

Был проанализирован потенциал солнечной энергии на территории Томской области. Было установлено, что на 1 м^2 в зависимости от времени года падает от 0,62 до 5,93 кВт*ч солнечной энергии. В качестве солнечных модулей выберем Sunways ФСМ-400М.

По приведённому графику энергетического баланса можно сделать вывод, что работы 4 солнечных панелей не достаточно для бесперебойной работы электродвигателя, однако имеется возможность подзарядить аккумуляторную батарею на электрозаправке и недостающая мощность будет восполнена именно таким образом. Наиболее благоприятным месяцем, для использования солнечных модулей являются июнь, так как он характеризуется наивысшим значением суммарной солнечной радиации.

Произведем расчет необходимой емкости накопителей для покрытия суточной потребности в электроэнергии, согласно с расчетам выбран аккумулятор EnergoElement на 24,6 кВтч. Определен запас хода аккумулятора, который составил 205,8 км, и время до полной разрядки при постоянной скорости движения 60 км/ч, зная что в час расходуется 7,17 кВт*ч. По полученным данным видно, что вырабатываемой электроэнергии от солнечной системы не достаточно для полного заряда аккумуляторной батареи. Однако 6 месяцев в году мы можем обеспечивать более 20% суточной потребности в

электроэнергии от СЭС. Максимальный путь, на который можно уехать на заряде от СЭС составляет 36,56 км в июне, а минимальный 4,58 км в декабре.

Ссылаясь на выбранную схему построения системы электроснабжения, был произведен выбор оборудования для этой системы, в частности инвертор.. Выбранный инвертор имеет входы постоянного тока, контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей, выпрямитель. Суммарная потребляемая мощность в течение дня составляет 14,34 кВт. Мощность, потребляемая инвертором за час, не будет превышать мощность 7,17 кВт. После анализа рынка, как наиболее оптимальный вариант, было выбрано 2 инвертора ИС1-24-4000P DC-AC фирмы СибКонтакт с суммарной мощностью 8 кВт.

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через инверторы-контроллеры заряда-разряда, которые выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических модулей выдается на постоянном токе и напряжении, для приведения её к стандартным параметрам в составе системы установлен инвертор, который преобразует энергию в переменный ток и потребитель получает полноценное линейное напряжение 400 В на частоте 50 Гц. В качестве провода по току и мощности выбран кабель КГСНРТЭ 1х25, который выдерживает ток до 85 А, мощность до 18,7 кВт.

Расчёты были приведены для Томской области и показали положительный результат, отсюда следует, что для остальных районов, где солнечная инсоляция выше данный вид электроснабжения электромобилей тоже применим. Для полного заряда АКБ от СЭС потребуется от 44 дней с инсоляцией как в декабре до 5,6 дней в июне. Чтобы обеспечить один день хода на электроэнергии только от СЭС, это 2 часа на скорости 60 км\ч, потребуется заряжать АКБ от СЭС 26 дней в декабре и 3,28 дней в июне.

В главе математического моделирования рассмотрена имитация работы асинхронного двигателя от аккумуляторных батарей с подзарядкой от СЭС.

По полученным данным видно, что двигатель разгоняется примерно за 0,75 с после чего ток и угловая скорость двигателя выходят на установившиеся значения. Установившийся ток статора равен 43,5 А и не превышает максимальное паспортное значение 382 А. Угловая скорость выходит на значение 3006 об/мин, что примерно соответствует паспортному значению 3000 об/мин. Установившийся момент на валу ротора соответствует расчётам и не превышает номинального.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы для разработки проектов возобновляемой энергетики в указанном районе.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Раздел 3

Selection of equipment for a mobile station built-in to a vehicle

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM98	Лунёва Александра Владимировна		

Консультант школы ИШЭ отделения (НОЦ) ОЭЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Однокопылов Георгий Иванович	Д.Т.Н.		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Евсеева Арина Михайловна			

Abstract

The master's work on the topic "Electric vehicle with a solar battery charger" contains 135 pages of printed text, 42 figures, 37 tables, 40 sources of literature, 1 appendix.

Key words: electric vehicle, autonomous power supply, solar insolation, power plant, solar module, controller, storage battery.

Research object: electric vehicle.

The purpose of the study is a project of a solar power plant with energy storage devices capable of providing uninterrupted power supply to an electric motor by converting solar energy.

In the course of the study, the following were performed: calculation of electricity generation by solar modules, calculation and selection of storage capacities, development of a solar power plant scheme, selection of solar power plant equipment, development of a mathematical and simulation model of an electric drive of an electric vehicle capable of providing limited performance in emergency and partial phase modes of operation and an increase in the duration of the electric vehicle due to the constantly switched on recharger from the solar battery, including in the mode of complete discharge of the main battery, the study of the dynamics of the characteristics of the electric drive from the solar power plant.

Based on the results of the research, graphs for the generation and consumption of electric energy were built, the type and capacity of storage batteries was selected, a scheme of a solar power plant was developed and the main equipment was selected in accordance with the scheme.

Scope: uninterrupted power supply to the consumer on an electric vehicle. The results obtained in the course of the study can be used for the development of renewable energy projects in the area.

Economic efficiency / value of the study: provision of environmentally friendly electricity, the possibility of using electricity in nature.

The studies were carried out using the MATLAB Simulink R2020a, Mathcad15, MathType 6.0 and Microsmooth Office software environments.

1.2.2. Additional battery for recharging the main battery

Over the territory of the Tomsk region the distribution of solar energy with a clear sky is strongly dependent on the latitude. Regional features of cloudiness formation, atmospheric transparency, reflectivity of the underlying surface violate latitudinal zoning; all of these are especially noticeable in the summer. The annual amount of total radiation under real cloud conditions varies from 3850 MJ / m² in the north of the region to 4193 MJ / m² in the south (Fig. 1.2.2.1.).



Figure 1.2.2.1. –Total radiation (year / MJ / m²)

The maximum radiation occurs in July and ranges from 618 MJ / m² to 690 MJ / m². The lowest total radiation in December in the north of the region is only 25 MJ / m². Both direct radiation and the total radiation are characterized by a sharp increase in values from January to February (an increase by 3 times) and from February to March (an increase by 2.5 times), as well as a sharp decrease from August to November (a decrease by 2 times every month).

An important indicator of the radiation regime is the duration of the sunshine (Fig. 1.2.2.2).

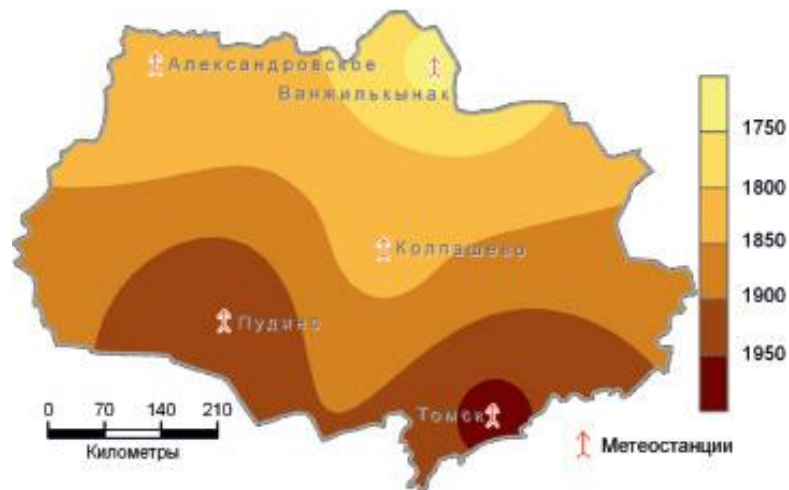


Figure 1.2.2.2 . –Duration of sunshine (hours / year)

The increase in the duration of sunshine within the Tomsk region occurs from northeast to southwest and is typical for all months of the year. While in the northeast the duration of sunshine per year is 1743 hours, it is 1958 hours in the southwest. Such a relatively small difference in the annual values between the north and south of the region are due to a significant increase in the length of daylight hours in the north as well as the peculiarity of cloudiness formation in winter and summer periods. The average duration of sunshine increases from winter to summer and is greatest in July. A sharp increase in the number of hours with sunshine is observed in the period from January to March which is associated with an increase in the length of the day and with a decrease in the frequency of the cloudy sky in terms of total cloudiness [2].

Of great importance for practical problems is when the assessment of the continuous duration of sunshine is 6 or more hours per day. The highest frequency of such sunshine duration is observed from March to June (56–51% of the total number of cases). In December and January in the Tomsk region the frequency of continuous sunshine duration of 6 hours or more is 1–8%.

On the basis of these characteristics, relevant indicators of solar energy resources were obtained. Thus, the possible duration of the solar plant operation per month has been determined at certain values of the total radiation.

The choice of the battery is mainly dependent on solar insolation. There is no need to install a large-capacity battery with a low power of the solar module, so we calculated solar insolation in a certain area and at a certain battery capacity. For the optimized operation of the system 2 rechargeable batteries with a capacity of 44A / h and 38 A / h were selected, depending on the seasons, the batteries will work separately and in combination.

For the recharging systems of the main and additional accumulators, the Optima batteries produced by the USA were chosen.

Optima RedTop 8022-255 U 3.7 battery



Voltage: 12V
Capacity: 44 A / h
Polarity: straight
Size: 237x172x197mm
Cold cranking current: 730 A

AGM technology
Note: additional side terminals
Warranty: 3 years
Production: the USA

Optima YellowTop 8072-176 YT R 2,7Jbattery



Voltage: 12V
Capacity: 38 A / h
Polarity: Reverse
Size: 237x129x227mm
Cold cranking current: 460 A
AGM technology
Note: thin terminals
Warranty: 3 years
Production: the USA

Over the period from September to March, a 44A / h rechargeable battery is used in the system, while over the summer period 2 rechargeable batteries with a total capacity of 82 A / h are included into the system. Below are the results of the calculation of the required capacity of storage batteries with flexible solar modules during the insolation in the Tomsk region - Sunways FSM - 200F and Sunways FSM - 100F.

With the capacity of 82 A / h, the battery charge is relevant only from April to mid-September.

Table 1.2.2.1 - The charge required to charge the battery with a capacity of 82 A/h

Month	Insolation coefficient	Solar panel power (kw)	Required battery charge (kW)
January	0,61	0,1281	0,6888
February	1,59	0,3339	0,6888
March	2,94	0,6174	0,6888
April	4,29	0,6435	0,6888
May	5,48	0,822	0,6888
June	5,79	0,8685	0,6888
July	5,8	0,87	0,6888
August	4,55	0,6825	0,6888
September	2,83	0,4245	0,6888
October	1,58	0,237	0,6888
November	0,83	0,1743	0,6888
December	0,46	0,0966	0,6888

During the fall of solar insolation, one rechargeable battery is removed and the system operates using a 44A / h rechargeable battery.

Table 1.2.2.2.- The charge required for a rechargeable battery 44A / h

Month	Insolation coefficient	Solar panel power (kw)	Required battery charge (kW)
January	0,61	0,1281	0,3696

February	1,59	0,3339	0,3696
March	2,94	0,6174	0,3696
April	4,29	0,6435	0,3696
May	5,48	0,822	0,3696
June	5,79	0,8685	0,3696
July	5,8	0,87	0,3696
August	4,55	0,6825	0,3696
September	2,83	0,4245	0,3696
October	1,58	0,237	0,3696
November	0,83	0,1743	0,3696
December	0,46	0,0966	0,3696

This battery changeover will allow the required system operation to continue until mid-November.

Table 1.2.2.3. - Consumption of electrical energy by household appliances

Household appliance	Power Consumption (W)
Notebook	45
Refrigerator	188
LED TV	100
Stereo system	60
Printer	40
Mobile phone charger	4
Wi-Fi Wireless Router	7
Electric winch	1100
Electrician 12 V	120

1.2.4. Battery connection diagrams

The charge-discharge cyclicity is not beneficial to the battery itself, over time its charge decreases, that is, the battery is slowly discharged, it is not possible to completely restore the amount of energy from the generator, ultimately the battery charge will no longer be enough to start the motor. With proper care and maintenance of the battery, these problems can be avoided and the life of the device can be extended.

Since different battery technologies are available, the charging technologies are different.

For a high-quality charge of a starter lead-acid battery, you must:

- Periodically check the density of the electrolyte. This can be done using a special device, an Ariometer density tester. Ideally, the density should be 1.25-1.27 g / cm³ at a temperature of +25 and the density in the battery banks should not differ by more than 0.01 g / cm³.

- Set the current value on the charge controller. The current should be exactly one tenth of the capacity of the battery applied, for example if the capacity is 65 Ah, the current on the charger should be no more than 6.5 A. When the battery is deeply discharged, these indicators should be reduced to 1.5A - 2A.

During the summer, the electrolyte boils away more quickly and the plates in the open air are subject to destruction, therefore the electrolyte level should be checked routinely.

Option 1



Figure 1.2.4.1. -Variation 1

This option uses two batteries of 65 and 60 A / h, a PWM controller, and solar modules. The PWM controller perfectly maintains the battery charge during daylight hours both with the parallel operation of batteries and with separate operation of those. With the parallel operation, the capacity of the batteries increases and starting the engine in a cold period of time is quite easy. When working separately the system is divided into two independent parts, with one including a generator – battery and solar modules, and the other consisting of a PWM controller and a battery. If necessary, the batteries are connected into a parallel circuit by using a conventional switch that can be mounted on the instrument panel in the passenger compartment.

Option 2

This option involves the parallel operation of systems with different battery technologies. It should be borne in mind that, when starting the engine large starting currents (starter) develop, with the latter reaching 200 amperes in summer and 300 amperes in winter, so the choice of equipment requires special consideration. Batteries based on GEL and AMG technology have lower starting currents than lead-acid batteries, which makes it difficult to start the engine especially in winter. Besides, as their parallel connection is not recommended they are divided between two systems as shown in the figure:



Figure 1.2.4.2. – Option 2

The installation of an additional battery in SUVs usually accompanies the installation of electric winches, as well as some other additional equipment consuming large amounts of electrical energy.

In this case the main battery is charged directly from the controller. As soon as the controller receives a signal about the discharge of the battery, the charging process begins at the proper voltage and current. While the vehicle is moving the main battery is being charged by the generator with the auxiliary battery being charged by the solar module. As this system is characterized by excessive energy production, a ballast unloading system is provided involving an inverter load or additional headlights.

Option 3

This option provides for parallel operation of the batteries. But at the time of starting the engine, the additional battery is turned on using a polarized relay.

This option provides for parallel operation of the batteries, with the additional one being initiated by a polarized relay at the moment of engine start up.



Figure 1.2.4.3.– Option 3

In the system, the parallel operation of the batteries is very effective, especially in the winter period, when the relay is switched at the moment when the car stops and the engine is charged from both the main battery and an additional one.

Conclusion: This chapter presents the components of the required equipment and the calculation of the power generated by solar panels. Solar modules with a total power of 300 watts have been selected. The optimal storage batteries with a capacity for recharging the main battery have been determined. The optimal scheme for charging the main and additional accumulators from solar energy has been chosen.